

Projeto de uma Graphical User Interface (GUI) de um Sistema Colaborativo para apoiar o estudo da Eficiência Energética em Trens Urbanos no contexto de Cidades Inteligentes.

Ruan Alves Pontes Palmeira



CENTRO DE INFORMÁTICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

João Pessoa, 2017

Ruan Alves Pontes Palmeira

Projeto de uma Graphical User Interface (GUI) de um
Sistema Colaborativo para apoiar o estudo da
Eficiência Energética em Trens Urbanos no contexto
de Cidades Inteligentes.

Monografia apresentada ao curso Ciência da Computação
do Centro de Informática, da Universidade Federal da Paraíba,
como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientadora: Natasha Correia Queiroz Lino

Dezembro de 2017

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

P172p Palmeira, Ruan Alves Pontes.

Projeto de uma Graphical User Interface (GUI) de um Sistema Colaborativo para apoiar o estudo da Eficiência Energética em Trens Urbanos no contexto de Cidades Inteligentes / Ruan Alves Pontes Palmeira. - João Pessoa, 2017.

50 f. : il.

Orientação: Natasha Correia Queiroz Lino.
Monografia (Graduação) - UFPB/CI.

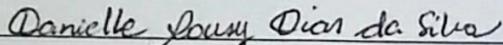
1. Cidades Inteligentes. 2. Sistemas Colaborativos. 3. Interface Gráfica de Usuário. I. Lino, Natasha Correia Queiroz. II. Título.

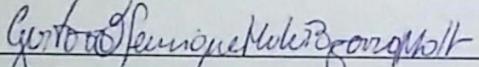
UFPB/BC

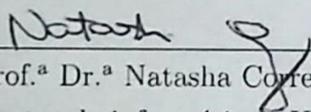


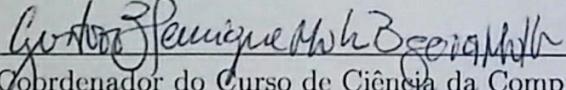
CENTRO DE INFORMÁTICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso de Ciência da Computação intitulado *Projeto de uma Graphical User Interface (GUI) de um Sistema Colaborativo para apoiar o estudo da Eficiência Energética em Trens Urbanos no contexto de Cidades Inteligentes*, de autoria de Ruan Alves Pontes Palmeira, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:


Prof.^a Dr.^a Danielle Rousy Dias da Silva
Centro de informática - UFPB


Prof. Dr. Gustavo Henrique Matos Bezerra Motta
Centro de informática - UFPB


Prof.^a Dr.^a Natasha Correia Queiroz Lino
Centro de informática - UFPB


Coordenador do Curso de Ciência da Computação
Gustavo Henrique Matos Bezerra Motta
CI/UFPB

João Pessoa, 5 de dezembro de 2017

*”Porque sou eu que conheço os planos
que tenho para vocês”, diz o Senhor,
”planos de fazê-los prosperar
e não de lhes causar dano,
planos de dar-lhes esperança e um futuro”.*
Jeremias, 29:11.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Lucimar Palmeira e José Palmeira.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter sido o meu lugar seguro e de descanso nos momentos de ansiedade.

Aos meu pais Lucimar Palmeira e José Palmeira por todo aconselhamento, incentivo e compreensão. À minha tia Rosimary Palmeira por toda a sua contribuição com os meus estudos e a todos os meus tios, primos e familiares por suas orações e palavras de bom ânimo.

À minha orientadora Natasha Queiroz por toda sua confiança, paciência, aconselhamento e apoio durante minha graduação.

Aos meus grandes amigos Mayrton Dias, Felipe Tiago e Augusto César por toda a ajuda e incentivo durante esta fase.

Aos amigos que ganhei desde o início do curso, que estudaram nas disciplinas em especial Thiago Viana, César Perdigão, Hicaro Silva, Jordan Junior, Gustavo Cunha, Alisson Yury, Thiago Fonseca, Johann Hakkinen, Hozana Raquel, Vitor Soares e Roberto Nóbrega.

Aos meus amigos e irmãos do Betel Jaguaribe.

À todos os professores que tive a felicidade de conhecer e adquirir conhecimento, em especial Danielle Rousy, Daniela Coelho, Ed Porto Bezerra, Tatiana Aires e Julyana Tavares.

À todos os integrantes do LIAA, em especial ao grupo de Eficiência Energética.

À todos os funcionários do CI e da biblioteca do CTDR.

Agradeço à todos que participaram dessa caminhada, que por ventura não estejam citados nas linhas anteriores.

RESUMO

Um dos maiores desafios do século XXI é o desenvolvimento sustentável aplicado no cenário urbano. As tecnologias verdes modificam a infraestrutura e os serviços públicos das cidades, melhorando a qualidade de vida dos cidadãos, transformando-as em Cidades Inteligentes. Um dos pontos discutidos no contexto das Cidades Inteligentes é com relação a mobilidade urbana. Na Mobilidade Urbana, os trens elétricos contribuem para a economia dos recursos naturais ao utilizar a energia elétrica. Uma estratégia para ajudar na eficiência energética dos trens é a utilização de Algoritmos Genéticos. Alguns trabalhos da literatura, que usam Algoritmos Genéticos, foram desenvolvidos para malhas ferroviárias específicas e não utilizam interfaces gráficas para apresentar as soluções encontradas, dificultando a identificação de melhorias por outras pessoas. Diante do contexto apresentado, o objetivo deste trabalho é identificar uma estratégia para projetar uma interface gráfica, em Sistemas Colaborativos, que possibilite seus usuários modificarem os parâmetros de configuração do Algoritmo Genético e do domínio do problema. Como prova de conceitos foi desenvolvido um protótipo funcional avaliado pelas heurísticas propostas por Nielsen (1994), onde foi possível identificar o alinhamento do protótipo com o propósito do sistema e adquirir o feedback dos usuários.

Palavras-chave: Cidades Inteligentes, Sistemas Colaborativos, Interface Gráfica de Usuário, Avaliação.

ABSTRACT

One of the biggest challenges of the twenty-first century is the sustainable development applied in the urban setting. The sustainable technologies change a city's infrastructure and the public services, improving citizens' quality of life, transforming them into Smart Cities. One of the points discussed in the context of Smart Cities is related to urban mobility. In Urban Mobility, electric trains contribute to the savings of natural resources when using electricity. One strategy to aid in the energy efficiency of trains is the use of Genetic Algorithms. Some literature works, which use Genetic Algorithms, were developed for specific rail networks and do not use graphical interfaces to present the solutions discovered, making it difficult to identify improvements by other people. Given the context presented, the goal of this work is to identify a strategy to design a graphical interface, in Collaborative Systems, that allows its users to modify the configuration parameters of the Genetic Algorithm and the domain of the problem. As proof of concepts, a prototype was developed, evaluated by the heuristics proposed by Nielsen (1994), where it was possible to identify the alignment of the prototype with the purpose of the system and acquire feedback from users.

Key-words: Smart Cities, Collaborative Systems, Graphical User Interface, Evaluation.

LISTA DE FIGURAS

1	Exemplo de algoritmo genético. Fonte: Adaptado de Linden, 2012.	20
2	Exemplos de Representações Cromossômicas. Fonte: Elaborada pelo autor.	22
3	Tabela de indivíduos com suas avaliações e a roleta representando os indivíduos de forma proporcional. Fonte: Elaborada pelo autor.	23
4	Exemplo de crossover de um ponto. Fonte: Elaborada pelo autor.	24
5	Modelo 3C de colaboração. Fonte: Pimentel, 2011.	26
6	Visão geral das interações entre os especialistas e o sistema. Fonte: Elaborado pelo autor.	30
7	Sequência de passos a serem realizados pelos usuários. Fonte: Elaborado pelo autor.	31
8	Tela inicial. Fonte: Elaborado pelo autor.	33
9	Tela de experimentos. Fonte: Elaborado pelo autor.	34
10	Tela de definição de variáveis. Fonte: Elaborado pelo autor.	34
11	Tela de definição da função de avaliação. Fonte: Elaborado pelo autor. . .	35
12	Tela de definição dos operadores. Fonte: Elaborado pelo autor.	36
13	Tela de visualização dos resultados. Fonte: Elaborado pelo autor.	36
14	Resultados da Avaliação. Fonte: Elaborado pelo autor.	39

LISTA DE TABELAS

- 1 Operadores mais utilizados. Fonte: Elaborado pelo autor. 32
- 2 Operadores e seus parâmetros. Fonte: Elaborado pelo autor. 32

LISTA DE ABREVIATURAS

AG - Algoritmo Genético

AGs - Algoritmos Genéticos

CLI - Command-Line Interfaces

CSCW - Computer-Supported Cooperative Work

GUI - Graphical User Interface

IHC - Interação Humano-Computador

SI - Sistema Internacional de Medidas

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contextualização	17
1.2	Definição do Problema	18
1.2.1	Objetivo geral	18
1.2.2	Objetivos específicos	18
1.3	Estrutura da monografia	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Algoritmos Genéticos	20
2.1.1	Representação Cromossômica	21
2.1.2	Inicialização da População	22
2.1.3	Função de Avaliação	22
2.1.4	Seleção de Pais	22
2.1.5	Crossover	23
2.1.6	Mutação	24
2.1.7	Módulo da População	24
2.2	Sistemas Colaborativos	24
2.3	Interfaces Colaborativas	25
2.3.1	Usabilidade	26
2.3.2	Sociabilidade	27
2.3.3	Comunicabilidade	27
2.3.4	Acessibilidade	27
3	TRABALHOS RELACIONADOS	29
4	PROJETO DE GUI PARA SISTEMA COLABORATIVO	30
4.1	Análise de Requisitos	30
4.1.1	Módulo de Definição das Variáveis	31
4.1.2	Módulo de Definição da Função de Avaliação	31

4.1.3	Módulo de Definição dos Operadores	32
4.1.4	Módulo de Visualização dos Resultados	33
4.2	Prototipagem	33
5	VALIDAÇÃO PRELIMINAR DE USABILIDADE	36
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	41
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICE A	44
	APÊNDICE B	48

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Da Veiga (2005) afirma que o desenvolvimento sustentável é o maior desafio do século XXI. Isso se deve ao fato de que o mesmo depende da capacidade humana de obedecer às condições do bom senso e uso dos recursos ecológicos. Ao concordar com a afirmação de Da Veiga, Leite (2012) acredita que o “desenvolvimento sustentável impõe o desafio de refazer a cidade, reinventando-a. De modo inteligente e inclusivo”. O ato de refazer a cidade, como citado anteriormente, é o que torna-a uma Cidade Sustentável. O autor também destaca a importância da abertura no desenvolvimento urbano, por meio do surgimento das tecnologias verdes aliadas à gestão inteligente do território.

Aquino (2015) define que uma cidade é denominada Inteligente ao utilizar tecnologias de informação e comunicação que tornam sua infraestrutura e serviços públicos em geral iterativos, visando a acessibilidade e a eficiência do ponto de vista da qualidade de vida dos cidadãos. Com isso, é de se esperar que elas estejam comprometidas com os recursos do meio ambiente. Neste cenário, uma das áreas citadas pelo autor que necessita da melhoria fornecida pela cidade inteligente é a área da Mobilidade Urbana que possui como um dos objetivos oferecer transporte de qualidade com capacidade de atender a demanda de deslocamentos atual e futura (COSTA, 2015).

Na área da mobilidade urbana, um tipo de transporte urbano que é capaz de minimizar o consumo de combustíveis fósseis são os trens elétricos. Por um lado, temos a redução desse tipo de combustível, mas ao utilizar a energia elétrica, é preciso adotar medidas que visam a Eficiência Energética (QUEIROZ, 2016).

Uma estratégia para otimizar a eficiência energética nos trens elétricos, sugerida por Martins (2015), é a utilização de um algoritmo combinatório, especificamente os Algoritmos Genéticos (AGs), para encontrar o melhor perfil de condução a ser seguido por cada maquinista.

Guimarães (2017) realizou um mapeamento sistemático sobre a eficiência energética em trens elétricos, com foco nas estratégias de condução eficiente utilizando AGs. Nesse mapeamento foram encontrados 18 trabalhos que abordavam essas estratégias como forma de economizar energia. Nestes 18 trabalhos foram identificadas soluções aplicadas em uma determinada malha ferroviária, no entanto, a maioria destes trabalhos foram desenvolvidos de forma privada, dificultando que outras pessoas pudessem identificar melhorias.

Diante dessa problemática, é interessante a aplicação de um sistema colaborativo para auxiliar os especialistas na melhora de soluções para o problema de eficiência energética. O SmartSubway vem como uma proposta para essa problemática ao auxiliar especialistas na inserção de informações do domínio do problema da eficiência energética

em trens elétricos e na configuração dos parâmetros dos AGs, de forma que cada especialista possa colaborar com informações referentes as suas competências. Entretanto para a construção desse sistema, se faz necessário um planejamento com foco em interfaces gráficas colaborativas, pois diante do trabalho de Guimarães (2017), os 18 trabalhos não utilizavam interfaces gráficas de usuário, ou seja, consistiam de uma interface de linha de comando (CLI) (em inglês, “*Command-Line Interfaces*”) que não são completamente amigáveis para apresentar as soluções encontradas para as pessoas que irão fazer uso dessas soluções.

1.2 Definição do Problema

Como elaborar um método gráfico para auxiliar diferentes especialistas na colaboração em estudos de eficiência energética em trens urbanos, incluindo o compartilhamento de informações de domínio, e uso dessas informações por meio de algoritmos genéticos para análise energética.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho consiste em identificar uma estratégia para o projeto de uma interface gráfica, em Sistemas Colaborativos, que possibilite engenheiros e especialistas realizarem seleções ou edições de parâmetros de configuração no domínio do problema da eficiência energética em trens urbanos, analisada por meio de algoritmos genéticos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Obter um levantamento sobre interfaces em Sistemas Colaborativos, Algoritmos Genéticos, Cidades Inteligentes, e eficiência energética em Transportes Urbanos;
- Identificar uma alternativa para construir um protótipo funcional para que o especialista do domínio insira os parâmetros relevantes para a avaliação do desempenho energético a fim de facilitar o estudo da eficiência energética por meio dos AGs;
- Realizar a avaliação do protótipo funcional da interface que foi projetado;
- Analisar os resultados.

1.3 Estrutura da monografia

Este trabalho tem a seguinte estrutura. No Capítulo 2 é abordado a fundamentação teórica. No Capítulo 3 são apresentados os trabalhos relacionados ao problema de pesquisa. No Capítulo 4, a metodologia utilizada para a realização do trabalho é descrita.

No Capítulo 5 é exibida a validação preliminar de usabilidade. E por fim, no Capítulo 6, seguem as contribuições obtidas juntamente com os trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados, de forma breve, os conceitos dos referenciais teóricos do trabalho, a citar: Algoritmos Genéticos; Sistemas Colaborativos; Interfaces Colaborativas.

2.1 Algoritmos Genéticos

Os algoritmos genéticos são um ramo dos algoritmos evolucionários e como tal, são algoritmos de busca heurística baseados na seleção natural e genética, que combina a sobrevivência dos melhores indivíduos com a troca de informação genética estruturada entre dois indivíduos (LINDEN, 2012).

Exemplo de Algoritmo Genético

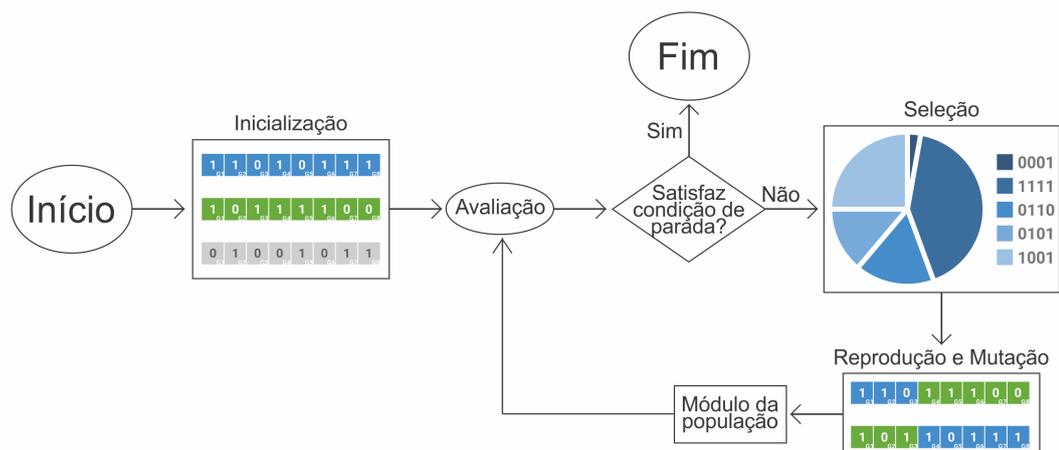


Figura 1: Exemplo de algoritmo genético. Fonte: Adaptado de Linden, 2012.

Ao analisar a Figura 1 que mostra um fluxograma básico de um algoritmo genético, é possível visualizá-lo de forma algorítmica nos seguintes passos (SOUZA, 2014):

1. Inicie uma população com os cromossomos gerados aleatoriamente, de tamanho N;
2. Avalie cada cromossomo da população utilizando a função de avaliação;
3. Gere uma nova população de tamanho N a partir do cruzamento de cromossomos selecionados da população anterior. Aplique mutação nestes cromossomos;
4. Remova a população anterior, trocando pela nova população criada;

5. Avalie cada cromossomo da população utilizando a função de avaliação;
6. Caso a solução ideal seja encontrada, ou o tempo do algoritmo se esgote (número máximo de gerações, ou avaliações, ou algum outro critério de parada), retorne o cromossomo com a melhor avaliação. Caso contrário retorne para o passo 3.

Apesar de vários problemas serem resolvidos através de um AG, no geral, as soluções encontradas na literatura mantém essa estrutura básica citada previamente. As principais mudanças entre problemas estão relacionadas à representação cromossômica e a função de avaliação, ambas devem ser definidas de forma adequada ao problema, conforme será comentado a seguir.

2.1.1 Representação Cromossômica

A representação cromossômica é definida por Linden (2012) como a responsável por transformar as informações de um problema para uma forma mais fácil de ser compreendida por um computador. Essa representação fica a cargo do programador e a adequação ao problema estudado, mas existem algumas regras básicas que devem ser seguidas:

1. A representação deve ser a mais simples possível;
2. Se houver soluções proibidas ao problema, é preferível que elas não sejam representadas;
3. Se o problema impuser condições de algum tipo, estas devem estar implícitas dentro da representação.

Souza (2014) comenta que a representação cromossômica binária funciona bem quando um problema possui variáveis discretas, mas quando possui variáveis contínuas, a representação cromossômica real é a mais adequada. Um problema com variáveis contínuas também pode ser representado utilizando a representação binária, mas como essa representação é diferente das variáveis do problema, é necessário realizar um passo a mais que é a conversão das variáveis binárias para reais. A Figura 2 apresenta uma ilustração desses dois tipos de representações cromossômicas, onde na binária o cromossomo é estruturado como uma sequência de bits, sendo cada bit um gene e na real, o cromossomo é uma sequência de números reais, sendo cada número real um gene. No contexto do problema da eficiência energética em trens urbanos a representação real é a mais adequada pois como as informações de um trem (velocidade, aceleração, entre outras) são contínuas, elas necessitam de mais precisão para que a solução final seja obtida com exatidão, além de não ser necessário realizar o passo extra de conversão dos valores das variáveis.

Representações Cromossômicas

Binária

1	1	0	1	0	1	1	1
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8

Real

3.21	1.21	2.33	5.00	8.18	6.89	7.11	4.01
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8

Figura 2: Exemplos de Representações Cromossômicas. Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1.2 Inicialização da População

O passo inicial para a execução do algoritmo é a inicialização da população de indivíduos. Na maioria das vezes, a inicialização é feita da forma mais simples, escolhendo os valores para cada indivíduo aleatoriamente (LINDEN, 2012).

2.1.3 Função de Avaliação

A função de avaliação é quem avalia cada um dos indivíduos da população e define, com base nessa avaliação, quais são as boas soluções e quais são as más. A métrica de qualidade da solução é calculada usando os valores armazenados no cromossomo, dessa forma é importante que ao definir a função de avaliação, a mesma seja a mais alinhada possível ao domínio do problema, a fim de que ela retorne bons resultados, mas sem desconsiderar as restrições (LINDEN, 2012).

2.1.4 Seleção de Pais

O operador seleção de pais é o responsável pela característica de sobrevivência dos melhores indivíduos. No caso dos AGs os melhores indivíduos são aqueles que obtiveram as avaliações mais altas por meio da função de avaliação. Apesar desse método escolher os melhores indivíduos, que irão gerar mais filhos na etapa de reprodução, a possibilidade de que os indivíduos que obtiveram avaliações piores gerem filhos com boas avaliações é considerada, pois eles ainda podem conter características genéticas favoráveis (SOUZA, 2014).

Um método de seleção de pais é o método da roleta. Nesse método, após cada indivíduo de uma população ter sido avaliado, cada um ganha uma porcentagem da área da roleta equivalente à sua avaliação. Para que um indivíduo seja selecionado, um número aleatório é escolhido e o indivíduo que está relacionado a esse valor na roleta é o escolhido. Tomando como exemplo a roleta da Figura 3, temos 5 indivíduos com suas respectivas avaliações e porcentagens na roleta. A soma total das avaliações é 36, com isso, o valor randômico para escolher um indivíduo estará entre 0 e a soma total das avaliações. Se o número escolhido for 20 o método começa a somar as avaliações na ordem que estão na roleta (começando do topo) até encontrar o valor 20, nesse caso o indivíduo escolhido será o 0110.

Método da Roleta

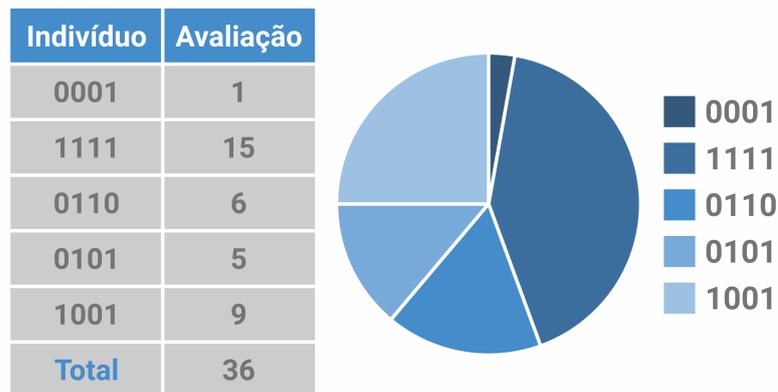


Figura 3: Tabela de indivíduos com suas avaliações e a roleta representando os indivíduos de forma proporcional. Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1.5 Crossover

O operador de crossover é o que faz a recombinação do material genético dos pais para gerar seus respectivos filhos. Souza (2014) apresenta mais de um operador de crossover, mas para explicar o funcionamento desse operador, será apresentado apenas o crossover mais simples que é o crossover de um ponto. A operação de crossover de um ponto é realizada ao escolher um ponto de corte em cada um dos pais, esse ponto de corte é uma posição entre dois genes quaisquer de um cromossomo. Tomando como base o exemplo de crossover na Figura 4, o ponto de corte escolhido foi o ponto entre o terceiro e quarto gene de cada pai. Após essa escolha, cada cromossomo é separado em duas partes, a que estava à esquerda do ponto de corte e a que estava à direita do mesmo. Com isso o filho 1 vai ser constituído da primeira parte do pai 1 agrupado com a segunda parte do pai 2, o inverso ocorre com o filho 2.

Crossover de um ponto



Figura 4: Exemplo de crossover de um ponto. Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1.6 Mutação

Com o intuito de diversificar a nova população, o operador de mutação é utilizado após os filhos terem sido criados. O funcionamento desse operador consiste em visitar cada gene que compõe um filho e escolhe um número aleatório entre 0 e 1, caso esse número escolhido seja menor que a taxa de mutação, a mutação ocorre e altera o valor do gene aleatoriamente, no entanto, sem desconsiderar as restrições. Caso seja maior que a taxa de mutação o operador segue para o próximo gene (LINDEN, 2012).

2.1.7 Módulo da População

O módulo da população tem o dever de controlar o tamanho da população, geralmente nos trabalhos encontrados na literatura a população ou parte dela, deve ser descartada para que seus filhos assumam seus lugares e formem a nova população. De acordo com Linden (2012), existem outras maneiras de aplicar esse operador, como por exemplo manter o melhor pai a fim de que ele seja propagado para a próxima geração.

2.2 Sistemas Colaborativos

A área multidisciplinar Trabalho Cooperativo Auxiliado por Computador (CSCW) (em inglês, “*Computer-Supported Cooperative Work*”) surgiu por volta de 1980 como uma forma de aprender com as mais diversas áreas disciplinares como Educação, Sociologia e Economia, que realizavam estudos para compreender melhor as atividades em grupo. Um termo que está diretamente relacionado a essa área é o chamado *Groupware*. Esse termo é visto por alguns autores como um sinônimo de CSCW, mas outros preferem separar as definições determinando *Groupware* como as tecnologias (software ou hardware) utilizadas para suportar o trabalho em grupo e CSCW como a grande área de estudo dessas tecnologias junto com os efeitos resultantes do uso delas. No Brasil, a tradução adotada para denominar ambos os termos foi Sistemas Colaborativos (PRATES, 2011).

Um sistema colaborativo é definido por Ellis (1991) como um “sistema baseado em computador para dar suporte a grupos de pessoas engajadas numa tarefa comum (ou objetivo) e que provê uma interface para um ambiente compartilhado”. Em outras palavras, com base nesta definição, um sistema colaborativo é o local onde a maioria dos recursos necessários para o desenvolvimento de um conhecimento ou artefato estão agrupados, a fim de obter progresso em suas investigações. Para realizar o desenvolvimento de um sistema colaborativo é importante realizar um planejamento a fim de que o mesmo tenha suporte para atender ao propósito final desejado, obedecendo às demandas de cada um.

2.3 Interfaces Colaborativas

Ellis (1991) estabelece que os sistemas que suportam o trabalho em grupo devem ser analisados por meio de três áreas chave: Comunicação, Colaboração e Coordenação. Ao analisar os sistemas da época, ele define que a forma de comunicação utilizada se beneficiaria da integração entre as telecomunicações e as tecnologias de processamento de computadores. Já a colaboração necessita que as pessoas compartilhem informações em um ambiente que dê suporte para que o grupo se mantenha atualizado e, quando for necessário, apresentar notificações explícitas das ações dos usuários. Na parte de coordenação, a maioria oferece apenas uma perspectiva individual, embora algumas forneçam o acesso múltiplo a objetos compartilhados. Essa classificação serviu de base para a desenvolvimento do modelo 3C de colaboração (PIMENTEL, 2011).

No modelo 3C de colaboração, a comunicação está relacionada ao modo como as pessoas interagem entre si ao trocar de informações. A coordenação é responsável pela associação das pessoas, as atividades realizadas por elas e os recursos utilizados. E a cooperação constata a produção que ocorre em um espaço compartilhado, dependendo de como o espaço de trabalho está estruturado para exibir os objetos de cooperação e a interação que está ocorrendo.

Na Figura 5, é possível identificar que as dimensões de estudo são interdependentes. A comunicação realiza negociações e gera compromissos que devem ser gerenciados pela coordenação; A coordenação organiza as pessoas, as tarefas e os recursos para que a cooperação ocorra; E a cooperação, ao prover o trabalho em conjunto, gera demanda para que ocorra comunicação entre as partes. Além disso, todo o grupo obtém um parecer através da percepção das ações realizadas pelo grupo. “Para que um trabalho seja caracterizado como colaboração, é preciso ocorrer comunicação, coordenação e cooperação conforme representado no modelo 3C” (PIMENTEL, 2011).

A área de Interação Humano-Computador (IHC) estabelece que a interface de um sistema é a parte utilizada pelo usuário para se comunicar com o mesmo. Ela envolve tanto elementos físicos (hardware), quanto elementos virtuais (software), ou seja, botões,

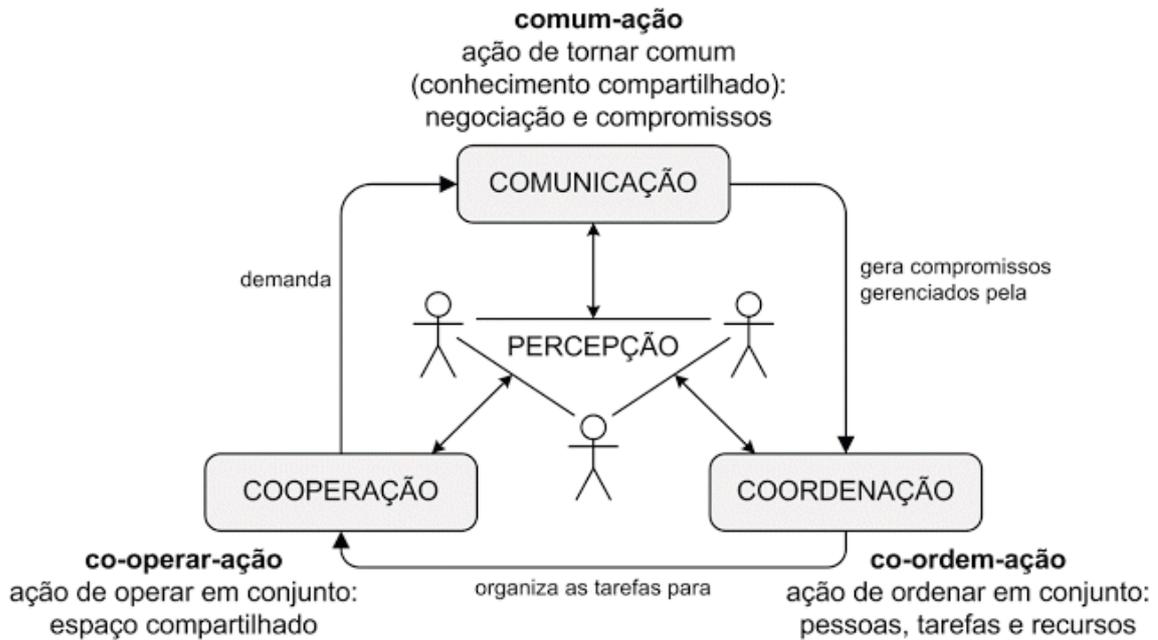


Figura 5: Modelo 3C de colaboração. Fonte: Pimentel, 2011.

mensagens, teclado, entre outros. Ela também estabelece que a interação de um usuário é o ato dele se comunicar com a interface por meio de seus diversos elementos (PRATES, 2011). A qualidade da interação e interface oferecidas ao usuário é o que determina a qualidade de uso do sistema, logo, indica o sucesso do mesmo. Essa qualidade de uso, em sistemas colaborativos, é delineada por 4 critérios que são descritos a seguir:

2.3.1 Usabilidade

Sendo o mais utilizado, é o critério que avalia a facilidade e eficiência de alcançar objetivos por meio da interface. Dentre as definições mais utilizadas para definir esse critério, Prates (2011) cita que os fatores que a qualificam são:

- **Facilidade de aprendizado:** tempo e esforço para aprender a usar o sistema e interagir com os demais membros;
- **Facilidade de recordação:** esforço para reaprender o que sabia fazer após um tempo sem utilizar, ou fazer novos usos do sistema. Lembrar dos elementos relativos à tarefa e às informações sobre os outros membros;
- **Eficiência:** tempo para completar uma tarefa utilizando o sistema e o quanto os membros do grupo colaboram para executá-la;
- **Segurança de uso:** grau de proteção contra ações indesejáveis como prevenção e recuperação de erros individuais e entre os membros do grupo;

- **Satisfação do usuário:** satisfazer e oferecer uma experiência prazerosa à todo o grupo, evitando disparidades entre quem arca com o custo do sistema e quem se beneficia dele.

2.3.2 Sociabilidade

Prates (2011) fala que esse critério, que é muito importante para o desenvolvimento de sistemas colaborativos, relaciona as regras sociais, a privacidade e a confiança dos usuários, entre outros aspectos da interação entre pessoas. Os principais componentes de sociabilidade são:

- **Propósito:** razões para participação no grupo, como manter contato com amigos ou trabalhar em conjunto para tomar uma decisão;
- **Pessoas:** quem são as pessoas, quais os seus papéis e qual o tamanho do grupo;
- **Regras:** direcionar o comportamento dos membros do grupo no ambiente.

2.3.3 Comunicabilidade

Este critério diz respeito à qualidade de comunicação do sistema, ao transmitir as concepções do projetista sobre quem são seus usuários e como podem interagir com o sistema a fim de resolverem seus problemas. É necessário que o projetista seja cauteloso ao projetar o sistema pois alguma parte do sistema pode não fornecer as informações necessárias para a interpretação do usuário, levando-o a tomar decisões incorretas ou não conseguir prosseguir (PRATES, 2011).

2.3.4 Acessibilidade

O critério da acessibilidade concerne ao uso do sistema por pessoas com diferentes características visuais, motoras ou cognitivas. Para que essas pessoas consigam utilizar o sistema é necessário que ele possua tecnologias assistivas como por exemplo leitores de tela e sistemas de tradução, que ampliam as habilidades delas.

Todos os critérios de qualidade de uso apresentados anteriormente são importantes para que um sistema colaborativo atenda bem às necessidades de seus usuários, mas cabe ao projetista definir quais são os mais relevantes de acordo com o contexto e o sistema que está em desenvolvimento.

Um exemplo de sistema colaborativo é o SmartSubway, um software que tem como objetivo permitir que os especialistas colaborem informações do domínio, sobre o problema

de eficiência energética em trens urbanos, através de algoritmos genéticos. Diante do exposto é interessante encontrar alternativas de interfaces colaborativas que permitam que especialistas realizem seus experimentos, podendo compartilhá-los entre si.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Mendes Jr (2005) fez um estudo comparativo das ferramentas de colaboração de projeto em sistemas ditos colaborativos existentes em âmbito nacional e identificou que “nenhum dos sistemas analisados possui recursos para preencher as necessidades de um sistema colaborativo pleno com realização de reuniões virtuais, interação entre usuários através de fóruns de discussão e chats e monitoramento dos fluxos de documentos e processos”.

Gerosa (2006) apresentou em sua tese abordagens que estendem as tecnologias desenvolvidas para o desenvolvimento de groupware. Uma das abordagens apresentadas foi a de avaliação de usabilidade de software na qual “são utilizadas técnicas de avaliação heurística, onde um grupo de avaliadores inspeciona a interação no software identificando problemas de usabilidade” utilizando técnicas de avaliação heurística definidas por Nielsen (1994).

4 PROJETO DE GUI PARA SISTEMA COLABORATIVO

Este capítulo apresenta os métodos e procedimentos adotados no desenvolvimento do trabalho.

Na Figura 6, é possível obter uma visão geral da interação entre os especialistas e como será realizado o compartilhamento assíncrono das configurações do domínio, por meio do SmartSubway. Essa figura possui 5 pontos: Onde o ponto 1 representa o especialista; No ponto 2 ele terá a disposição o sistema, onde será inserido às configurações do experimento criado. Após a realização do experimento, ele pode salvar as configurações em um documento, representado pelo ponto 3, permitindo o compartilhamento com outros especialistas. Os outros especialistas podem reproduzir o experimento realizado, representado pelo ponto 4, adicionando informações que não foram consideradas anteriormente e que se referem à sua área de conhecimento. Por fim, o ponto 5 representa o especialista que acessará o documento compartilhado.

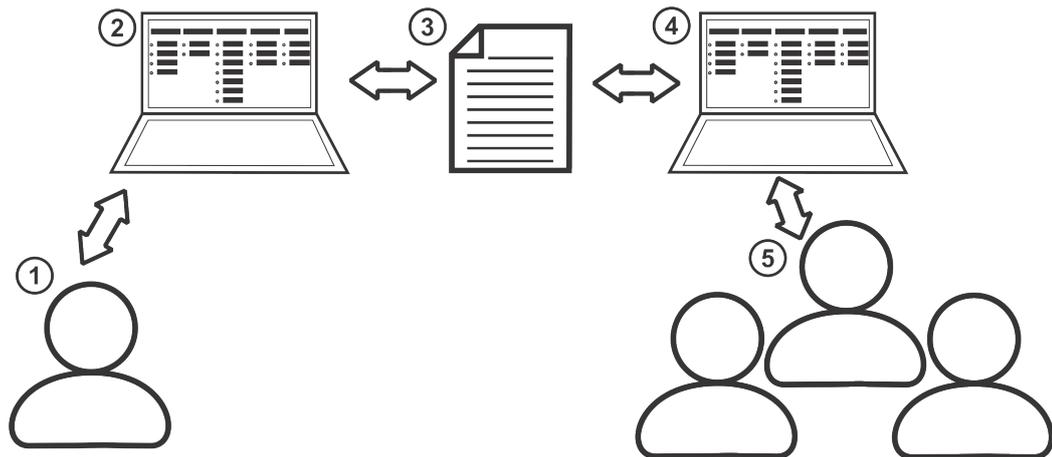


Figura 6: Visão geral das interações entre os especialistas e o sistema. Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Análise de Requisitos

Como o ponto 2 da Figura 6 representa o SmartSubway e sabendo que este trabalho tem o objetivo de identificar uma estratégia para o projeto de uma interface gráfica, se faz necessária a etapa de elaboração do protótipo da interface para a criação do sistema.

Levando em consideração que o sistema fará uso dos AGs é importante que o protótipo se inspire nas etapas do fluxograma dos AGs apresentado na Figura 1. Foi observado que o sistema irá necessitar de 4 módulos, cada um deles corresponde a um ou mais passos da sequência de passos que um usuário deve executar para realizar um experimento, apresentados na Figura 7, sendo eles: Módulo de Definição das Variáveis que corresponde aos passos 1, 2 e 4; Módulo de Definição da Função de Avaliação que

corresponde ao passo 3; Módulo de Definição dos Operadores que corresponde aos passos 5 e 6; Módulo de Visualização dos Resultados que corresponde aos passos 7 e 8. Em seguida são apresentadas as características de cada um desses módulos.

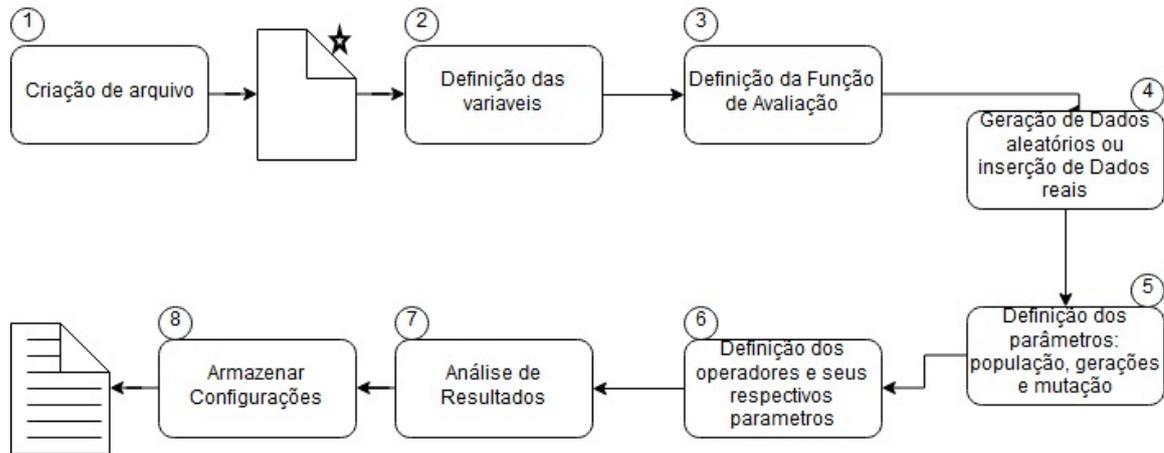


Figura 7: Sequência de passos a serem realizados pelos usuários. Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1 Módulo de Definição das Variáveis

Ao iniciar a criação de um novo experimento, o usuário será apresentado ao módulo de Definição de Variáveis. Conforme o próprio nome do módulo, é nele em que as variáveis com as informações que cada gene deve possuir serão definidas pelo usuário. O módulo deve fornecer ao usuário a capacidade de criar uma nova variável que deve conter: nome, o tipo e a unidade de medida que será utilizada. A fim de facilitar essa definição, o módulo deve fornecer também uma área em que o usuário possa utilizar variáveis como por exemplo: velocidade, massa, energia, entre outras. Ao serem selecionadas pelo usuário, essas variáveis terão pré-configurados o nome, o tipo e a unidade de medida, que são padrões estabelecidos pelo Sistema Internacional de Medidas (SI).

4.1.2 Módulo de Definição da Função de Avaliação

Após a definição das variáveis do gene, o módulo de definição da função de avaliação é exibido. Neste módulo o usuário será capaz de definir como será a função de avaliação dos indivíduos. Esse módulo deve possuir um campo de entrada que irá exibir o formato da função que está sendo definida. Para definir a função, devem ser fornecidos aos usuários teclados virtuais personalizados com diversos objetos da matemática como: números; funções trigonométricas; operações matemáticas além das variáveis dos genes definidas no módulo anterior. Além disso, o módulo possuirá uma caixa de seleção para que o usuário indique se deseja utilizar multifunções, ou seja, algumas funções para condições distintas do estado do trem como por exemplo: aceleração, freio ou a velocidade constante do trem

4.1.3 Módulo de Definição dos Operadores

Com a função de avaliação definida, o próximo módulo a ser exposto é o módulo de definição dos operadores. O objetivo deste módulo é a definição dos valores dos operadores comuns aos experimentos e os específicos de cada um. O autor Queiroz (2016) fez um estudo exploratório sobre os algoritmos genéticos para o problema de eficiência energética em trens urbanos e identificou os operadores mais utilizados como mostra a Tabela 1, e seus respectivos parâmetros na Tabela 2. Após a definição de quais operadores serão utilizados no experimento, o usuário aciona a execução do AG.

Tabela 1: Operadores mais utilizados. Fonte: Elaborado pelo autor.

Aplicação	Nome	Tipo
Geral	Tamanho da População	Inteiro
	Número de Gerações	Inteiro
	Taxa de Mutação	Real
Operadores	Lambda	Real
	K	Inteiro
	Alfa	Real
	Trecho	Inteiro

Tabela 2: Operadores e seus parâmetros. Fonte: Elaborado pelo autor.

Operador	Nome
Geração	Dados Aleatórios
	Dados Reais
Seleção	Roleta
	Torneio
Crossover	Aritmético
	Dois Pontos
	Flat
	Heurístico
	Linear
	Média Aritmética
	Média Geométrica
	SBX
Um Ponto	
Mutação	Uniforme
	Limite
	Não Uniforme
	Uniforme

4.1.4 Módulo de Visualização dos Resultados

Ao término da execução do AG, o módulo de visualização dos resultados recebe os valores obtidos com o experimento, insere eles em um gráfico do valor da função de avaliação por cada uma das gerações, para que os usuários possam avaliar seus resultados.

4.2 Prototipagem

Com base na definição desses módulos, foi esboçado um protótipo de baixa fidelidade (APÊNDICE A) para saber o quão apropriado estavam essas definições. Após uma deliberação inicial, foi feita uma versão funcional preliminar (APÊNDICE B) apenas com os elementos das páginas para obter uma visão inicial do sistema. Essa versão funcional preliminar foi então utilizada como base para a criação do protótipo funcional da interface gráfica do SmartSubway, com sua respectiva identidade visual, que permita ao usuário conhecer como poderá ser o acesso ao sistema com a criação de um experimento que utiliza os módulos definidos na seção 4.1. Todas as telas, com exceção da tela inicial apresentada na Figura 7, contém um botão com informações para auxiliar o entendimento das telas. A seguir são apresentadas as figuras de cada uma das telas criadas neste protótipo, com uma breve descrição de cada uma.



Figura 8: Tela inicial. Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira visão que o usuário recebe do sistema é a tela inicial. Ela possui a logomarca do SmartSubway, os botões Entrar e Cadastrar que servem para acessar o sistema e criar uma nova conta, respectivamente. A tela inicial pode ser observada na Figura 8.

A segunda tela, que pode ser vista na Figura 9 é a tela de experimentos. Nesta tela são exibidas ao usuário todos os arquivos que contém os experimentos já realizados



Figura 9: Tela de experimentos. Fonte: Elaborado pelo autor.

e os que o usuário decidiu tornar visível para que outros usuários possam verificar os resultados e, caso desejem, realizar possíveis alterações que possam melhorar os resultados do experimento. Além disso, através da barra de navegação o usuário pode prosseguir para a criação de um novo experimento.



Figura 10: Tela de definição de variáveis. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os elementos da tela de definição de variáveis, que é apresentada na Figura 10 foram definidos com base nas definições do módulo de definição de variáveis descrito na seção 4.1.1. Ela possui 4 seções: Variáveis do Gene; Criação de Variáveis; Variáveis Conhecidas e Arquivo de Dados. A seção de Variáveis do Gene exibe todas as variáveis que foram escolhidas ou definidas pelo usuário. Na seção de Criação de Variáveis, o usuário pode criar uma nova variável para inserir no gene ao definir cada uma de suas

características. A seção de Variáveis Conhecidas permite que o usuário utilize as variáveis pré-definidas. A seção Arquivo de Dados permite a inserção de um arquivo que possua dados obtidos de testes reais feitos em trens, entretanto, ainda é necessário a definição das variáveis que constituem esses dados. E o botão Próximo leva o usuário para a próxima tela.



Figura 11: Tela de definição da função de avaliação. Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base no módulo de definição da função de avaliação descrito na seção 4.1.2, foi criada a tela exibida na Figura 11. Conforme a descrição do módulo, foram criados 3 teclados virtuais personalizados com os números de 0 a 9, algumas funções trigonométricas como: seno, cosseno e tangente; símbolos matemáticos como: somatório, sinal de adição, parênteses. Além disso, também foram criados a seção das variáveis que foram escolhidas para representar os genes e o botão Próximo para prosseguir com as definições.

Na Figura 12 é apresentada a tela de definição dos operadores feita a partir da descrição do módulo descrito na seção 4.1.3 e das informações contidas na Tabela 1 e na Tabela 2. Foram criadas 6 seções: Parâmetros do experimento; Parâmetros dos operadores; Geração; Seleção; Crossover e Mutação. Há também o botão Executar que irá avisar ao AG que inicie sua execução.

Já na tela de visualização dos resultados, apresentada na Figura 12, é exibido o gráfico contendo os resultados da execução do AG.

Parâmetros do experimento

População

Geração

Mutação

Parâmetros dos operadores

Lambda

K

Alfa

Trechos

Geração

Aleatório

Dados

Crossover

Um ponto

Dois pontos

Uniforme

Heurístico

Flat

Aritmético

Linear

Média aritmética

Média geométrica

SBX

Seleção

Roleta

Torneio

Mutação

Uniforme

Não uniforme

Limite

Executar

Figura 12: Tela de definição dos operadores. Fonte: Elaborado pelo autor.

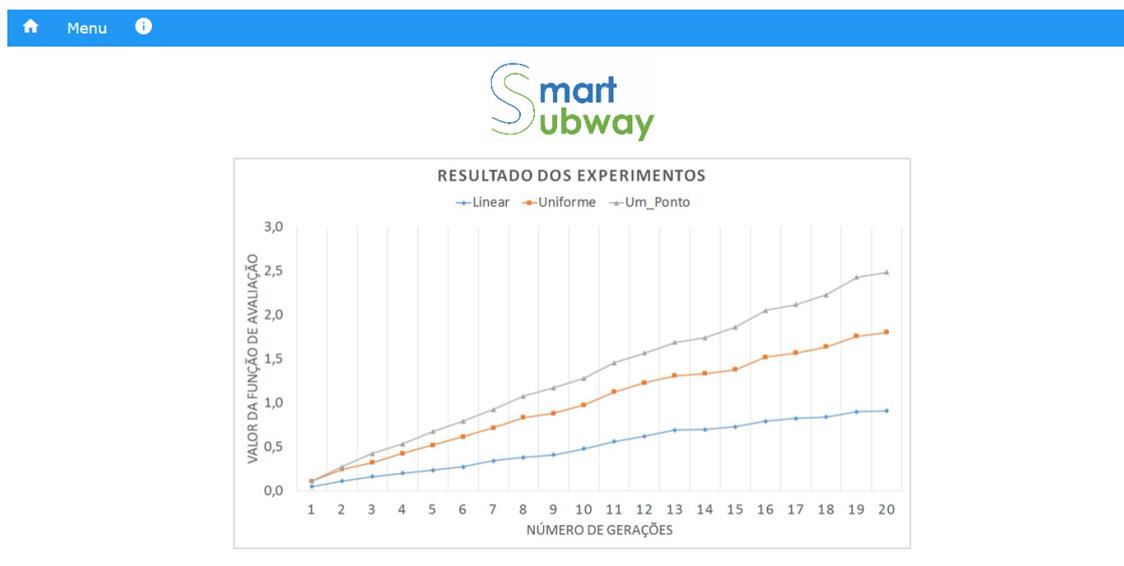


Figura 13: Tela de visualização dos resultados. Fonte: Elaborado pelo autor.

5 VALIDAÇÃO PRELIMINAR DE USABILIDADE

Garret (2010) comenta que o termo usabilidade possui conceitos distintos dependendo de onde é aplicada, mas que possuem em comum a questão de fazer com que os produtos em desenvolvimento sejam mais fáceis de utilizar. No presente contexto, a validação de usabilidade se refere ao teste da interface do protótipo funcional, com usuários representativos, ou seja, todos tendo conhecimento ou trabalhado com o problema da eficiência energética em trens urbanos. A avaliação foi feita com a apresentação do protótipo com 10 pessoas para receber possíveis *feedbacks* e após a apresentação foi aplicado um questionário contendo 12 perguntas, categorizadas conforme as 10 heurísticas de avaliação definidas por Nielsen (1994) que são apresentadas a seguir:

H1. Visibilidade do estado do sistema: O sistema deve sempre manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, através de feedback apropriado em tempo razoável.

H2. Correspondência entre o sistema e o mundo real: O sistema deve falar o idioma do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário, ao invés de usar termos orientados para o sistema. Como também seguir convenções do mundo real, fazendo as informações aparecerem em ordem lógica e natural.

H3. Controle do usuário e liberdade: Os usuários normalmente escolhem funções do sistema por engano e precisam de uma saída de emergência clara para sair de um estado não desejável sem ter que passar por um extenso diálogo, além de permitir a opções de desfazer e refazer ações.

H4. Consistência e padrões: O sistema deve possuir um padrão de plataforma para que os usuários não tenham dúvidas se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa.

H5. Prevenção de erros: O sistema deve ser capaz de eliminar ou verificar condições propensas a erros e fornecer uma opção de confirmação aos usuários antes deles se comprometerem com a ação.

H6. Reconhecimento ao invés de recordação: As instruções para o uso do sistema devem ser visíveis ou facilmente recuperáveis quando apropriado.

H7. Flexibilidade e eficiência de uso: Os usuários devem ser capazes de se adaptar às ações recorrentes do sistema. O uso de aceleradores de ações muitas vezes podem acelerar a interação dos usuários especialistas, de modo que atenda os usuários experientes e inexperientes.

H8. Estética e design minimalista: Os diálogos não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias. Cada informação extra compete com as unidades relevantes de informação, diminuindo suas visibilidades relativas.

H9. Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros: As mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples, precisamente indicar o problema e construtivamente sugerir uma solução.

H10. Ajuda e documentação: Apesar de ser melhor que o sistema possa ser utilizado sem documentação, pode ser necessário prover. Ela deve ser facilmente localizável, focada na tarefa do usuário, listando passos concretos a serem seguidos e não ser muito grande.

Das 10 categorias de avaliação, as de número 3, 5, 6 e 9, não foram incluídas na avaliação por que não tinham como ser completamente avaliadas com o que tinha sido feito nesta versão do protótipo. A seguir segue a lista de questões utilizadas na

avaliação, dívidas conforme as categorias heurísticas a que elas estão relacionadas, que foram baseadas no questionário de avaliação de usabilidade presente em Oliveira (2011):

H1. Visibilidade do estado do sistema:

P1. O sistema possui feedback rápido indicando em qual interface você está acessando no momento?

P2. O sistema possui feedback rápido indicando o que você está fazendo an interface no momento?

P3. O sistema possui feedback rápido indicando como você pode prosseguir na navegação do sistema?

H2. Correspondência entre o sistema e o mundo real:

P4. O sistema utiliza palavras, termos, expressões e conceitos familiares ao usuário?

P5. As informações aparecem em uma ordem lógica e natural como se fossem representações do mundo real?

H4. Consistência e padrões:

P6. O sistema possui palavras, situações ou ações que geram dúvidas de entendimento ou interpretação?

P7. O sistema possui padrões e estilos consistentes?

H7. Flexibilidade e eficiência de uso:

P8. O sistema possui teclas para aumentar a eficiência de usuários novatos ou experientes?

H8. Estética e design minimalista:

P9. O sistema possui diálogo com informações irrelevantes ou raramente necessárias?

P10. O sistema possui links que disponibilizam informações extras raramente necessárias?

H10. Ajuda e documentação:

P11. O sistema possui opção de ajuda?

P12. O sistema possui opção de ajuda de fácil acesso ou localização?

Ao analisar os resultados obtidos, que são apresentados na Figura 14, é possível perceber que a heurística que trata da visibilidade do estado do sistema (definida como H1) obteve bons resultados. Essa heurística foi avaliada a partir das questões P1, P2 e P3 que obtiveram 9, 9 e 8 respostas “Sim” respectivamente, indicando que o sistema mantém

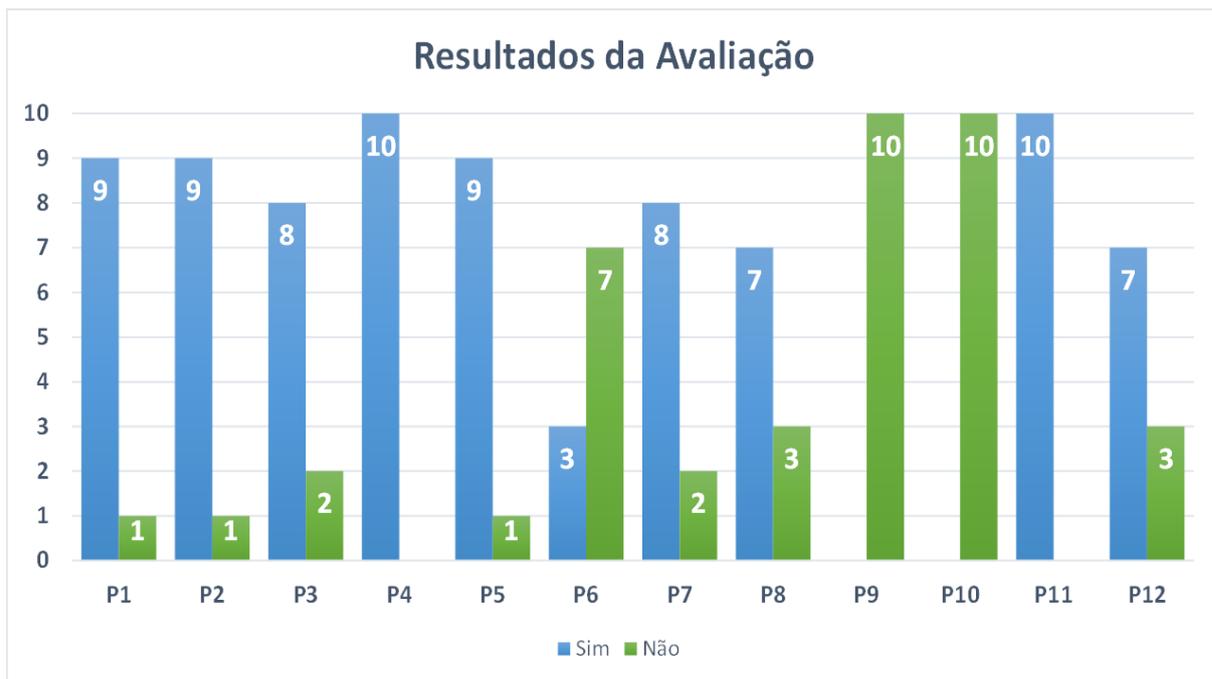


Figura 14: Resultados da Avaliação. Fonte: Elaborado pelo autor.

os usuários informados por meio de feedbacks.

A segunda heurística (definida como H2), foi analisada por meio das questões P4 e P5, que obtiveram 10 e 9 respostas “Sim” respectivamente. Essas respostas indicam positivamente que o sistema utiliza palavras, frases e conceitos familiares ao usuários, além de que as informações foram exibidas seguindo uma ordem lógica e natural.

As questões P6 e P7 foram o meio de avaliação da heurística que trata da consistência e dos padrões do sistema, definida como H4. A pergunta P6 obteve 7 respostas “Não”, indicando que a maioria não teve dúvidas no entendimento sobre os elementos da interface. Já na pergunta P7, 8 pessoas indicaram que o sistema possui padrões e estilos consistentes.

A maioria dos usuários responderam na pergunta P8, que serviu para avaliar a sétima heurística (definida como H7), que o sistema possui teclas de auxílio para auxiliar os usuários novatos ou experientes que indica que eles foram capazes de se adaptar às ações recorrentes do sistema. Entretanto 3 pessoas responderam que o sistema não possui esse tipo de auxílio, indicado um ponto que deve ser melhorado no mesmo.

A heurística sobre estética e design minimalista, definida como H8, que foi analisada por meio das perguntas P9 e P10, recebeu respostas positivas indicando que o sistema possui boa estética, além de um design minimalista, Confirmando que o sistema não possui elementos irrelevantes ou desnecessários.

Por fim, a última heurística analisada, definida como H10, foi avaliada positivamente através das respostas “Sim” das perguntas P11 e P12 que foram 10 e 7 respec-

tivamente, indicando que o sistema possui não apenas uma opção de ajuda, quanto o facilidade do seu acesso.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com o intuito de identificar uma estratégia para a construção de uma interface gráfica para o desenvolvimento de um sistema colaborativo, o presente trabalho apresentou as etapas realizadas para a obtenção de um protótipo funcional, bem como também realizar uma validação para verificar se o mesmo está alinhado com o propósito do sistema.

Em concordância com as análises feitas no capítulo 5, pode-se afirmar que o protótipo projetado obteve bons resultados, mas que ainda faltam alguns detalhes a serem corrigidos ou implementados. Juntamente com a avaliação feita, alguns dos avaliados deram sugestões para a melhoria da interface. Um deles sugeriu que além do botão de ajuda presente na barra de navegação, que fosse implementado um sistema de ajuda com caixas de texto flutuantes que fossem exibidas indicando a sequência em que os elementos devem ser utilizados. Outra sugestão foi a de inserir uma barra de progressão para indicar mais claramente o quanto já tinha sido configurado e o quanto faltava, ou então uma lista contendo os nomes de cada uma das etapas que indicassem os passos completados.

Quanto aos trabalhos futuros pode-se destacar os seguintes:

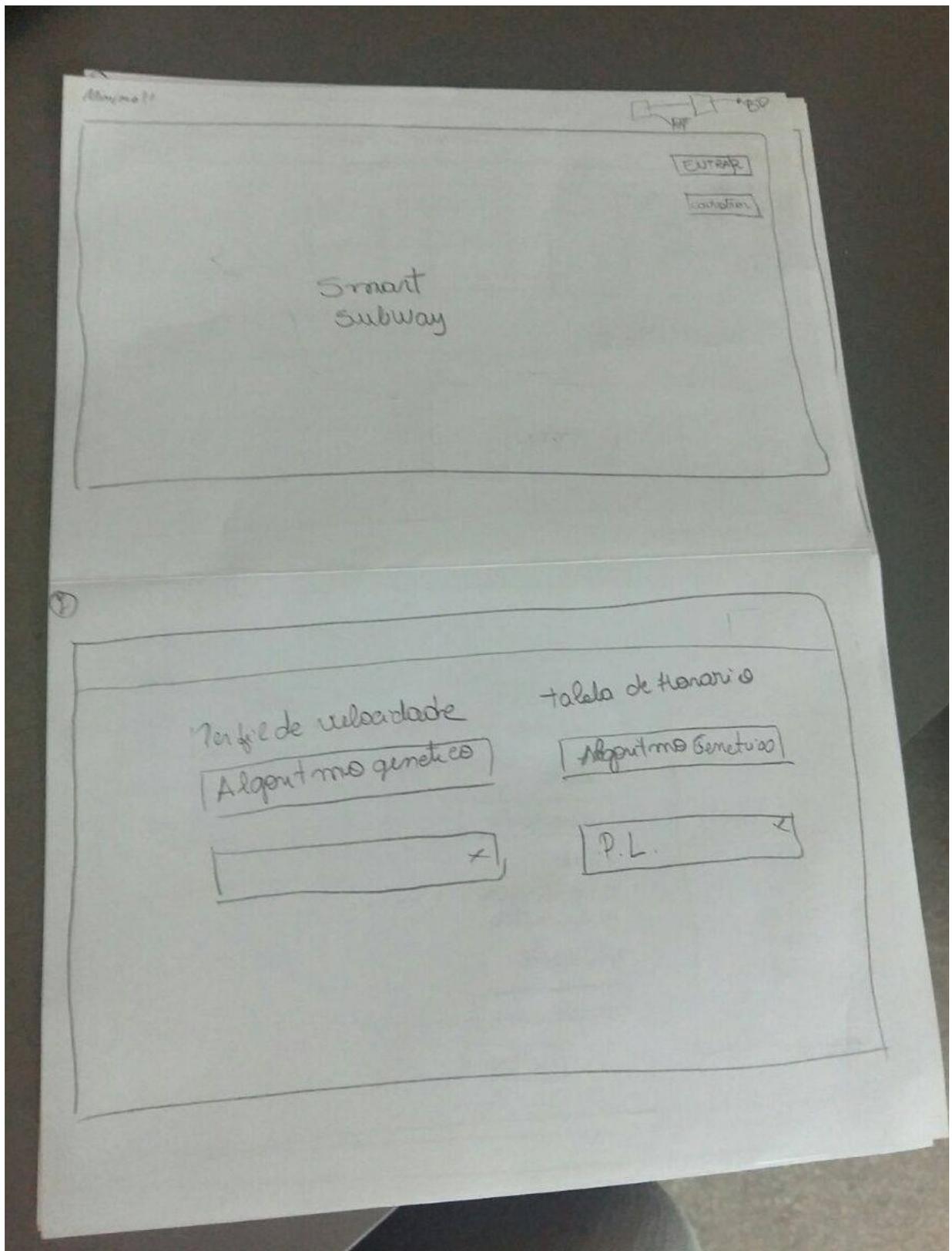
- Incrementar a versão atual do protótipo funcional com as sugestões dos usuários e em concordância com as respostas da avaliação que não atenderam aos mesmos;
- Projetar a interface com as telas relativas ao compartilhamento dos experimentos de forma assíncrona, que permitirá analisar o sistema conforme o modelo 3C de colaboração;
- Atualizar as telas com os parâmetros do algoritmo conforme for identificando novos operadores na literatura.
- Adicionar uma tela de configuração do domínio, para facilitar a inserção de informações dos especialistas, por exemplo, particionamento de trechos.
- Avaliar as modificações realizadas.

REFERÊNCIAS

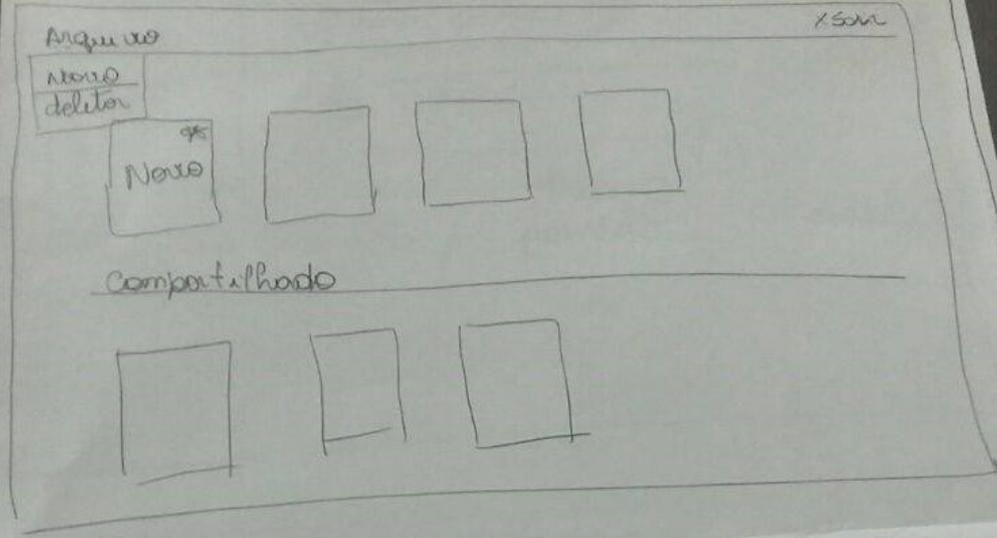
- [1] AQUINO, Andre L.L.; RAMOS, Heitor S.; PEREIRA, Leonardo V.; FRERY, Alejandro C.; **Cidades Inteligentes, um Novo Paradigma da Sociedade do Conhecimento**, p. 165-178. In: São Paulo: Blucher, 2015.
- [2] COSTA, Carlos. **CIDADES INTELIGENTES E BIG DATA**. CADERNOS, FGV Projetos, 10, No 24, 108-123, 2015.
- [3] DA VEIGA, José Eli. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. Editora Garamond, 2005.
- [4] ELLIS, C. A.; GIBBS, S. J.; REIN, G. **Groupware: some issues and experiences**. Communications of the ACM, v. 34, n. 1, p. 39-58, jan. 1991.
- [5] GARRETT, Jesse James. **The elements of user experience: user-centered design for the web and beyond**. Pearson Education, 2010.
- [6] GEROSA, M.A. **Desenvolvimento de Groupware Componentizado com Base no Modelo 3C de Colaboração** 2006. Tese - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, 2006.
- [7] GUIMARÃES, A.C.B.P. **Uma análise comparativa sobre as estratégias de inicialização da população em algoritmos genéticos para o problema de eficiência energética em trens urbanos**. Departamento de Informática, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa 2017.
- [8] LEITE, C. **Cidades inteligentes, Cidades Sustentáveis**. Porto Alegre, Bookman, 2012.
- [9] LINDEN, Ricardo. **Algoritmos Genéticos**. 3ed. ed. [S.l.]: Editora Ciência Moderna, 2012.
- [10] MARTINS, Marcelle B.; LINO, Natasha C.Q.; LIMA FILHO, Abel C. **GeneticBee: A theoretic and evolutionary formulation for the energy efficiency problem of urban trains**. In: ANDESCON, 2016 IEEE. IEEE, 2016. p. 1-4.
- [11] MENDES JR, RICARDO et al. **Estudo Comparativo de Sistemas Colaborativos de Projeto**. SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, v. 155, n. 2, 2005.
- [12] NIELSEN, Jakob. **Enhancing the explanatory power of usability heuristics**. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 1994. p. 152-158.

- [13] OLIVEIRA, Hudson Silva; SAVOINE, Márcia Maria; DA INFORMAÇÃO ITPAC, Conhecimento da Tecnologia. **Aplicação do método de avaliação heurística no sistema colaborativo HEDS**. 2011.
- [14] PIMENTEL, M.; FUKS, H. **Sistemas Colaborativos**. 263ed. Rio de Janeiro: Elsevier-Campus-SBC, 2011.
- [15] PRATES, R. O. **Interação em sistemas colaborativos**. In: PIMENTEL, M.; FUKS, H. (Org.). **Sistemas Colaborativos**. 263ed. Rio de Janeiro: Elsevier-Campus-SBC, 2011, v. , p. 264-293.
- [16] QUEIROZ, Mayrton D. de; MARTINS, Marcelle B.; DANIEL, Rodrigo G.; LINO, Natasha C. Q. **Um estudo exploratório sobre o uso de algoritmos genéticos para o problema de eficiência energética em trens urbanos**. In: Anais do IX ENUCOMP 2016, Teresina, PI, 08 a 11 de novembro de 2016: Organizac ao de Eyder Franco Sousa Rios e Rodrigo Augusto R. S. Baluz. - Parnaíba: FUESPI, 2016.
- [17] SOUZA, Gustavo. **Otimização de funções reais multidimensionais utilizando algoritmo genético contínuo**, Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

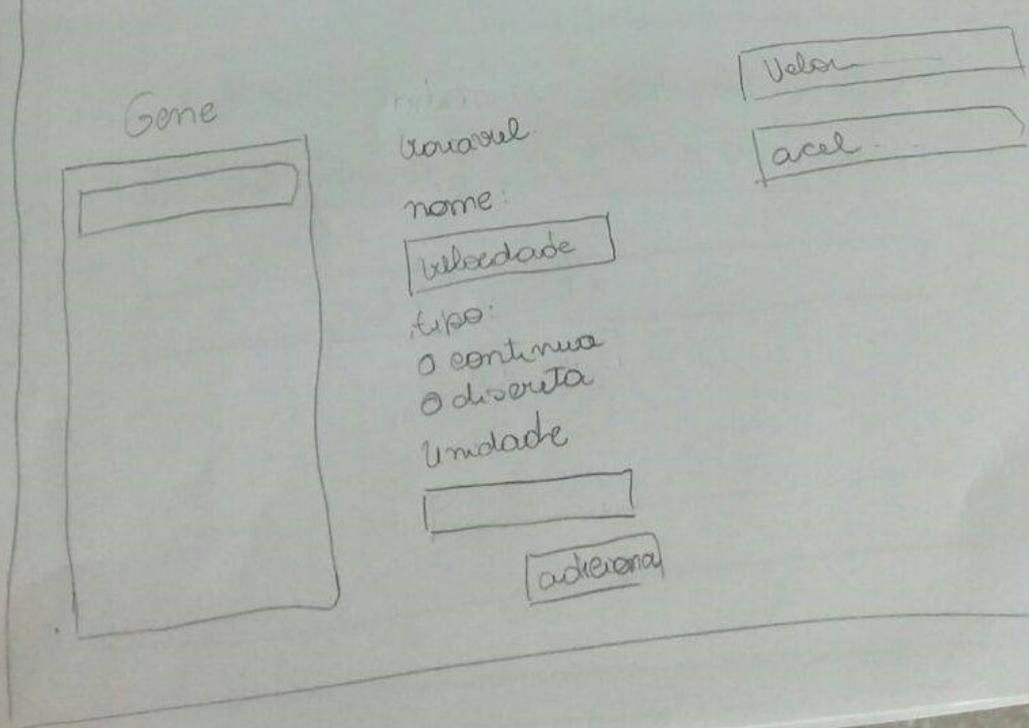
APÊNDICE A - Protótipo de baixa fidelidade

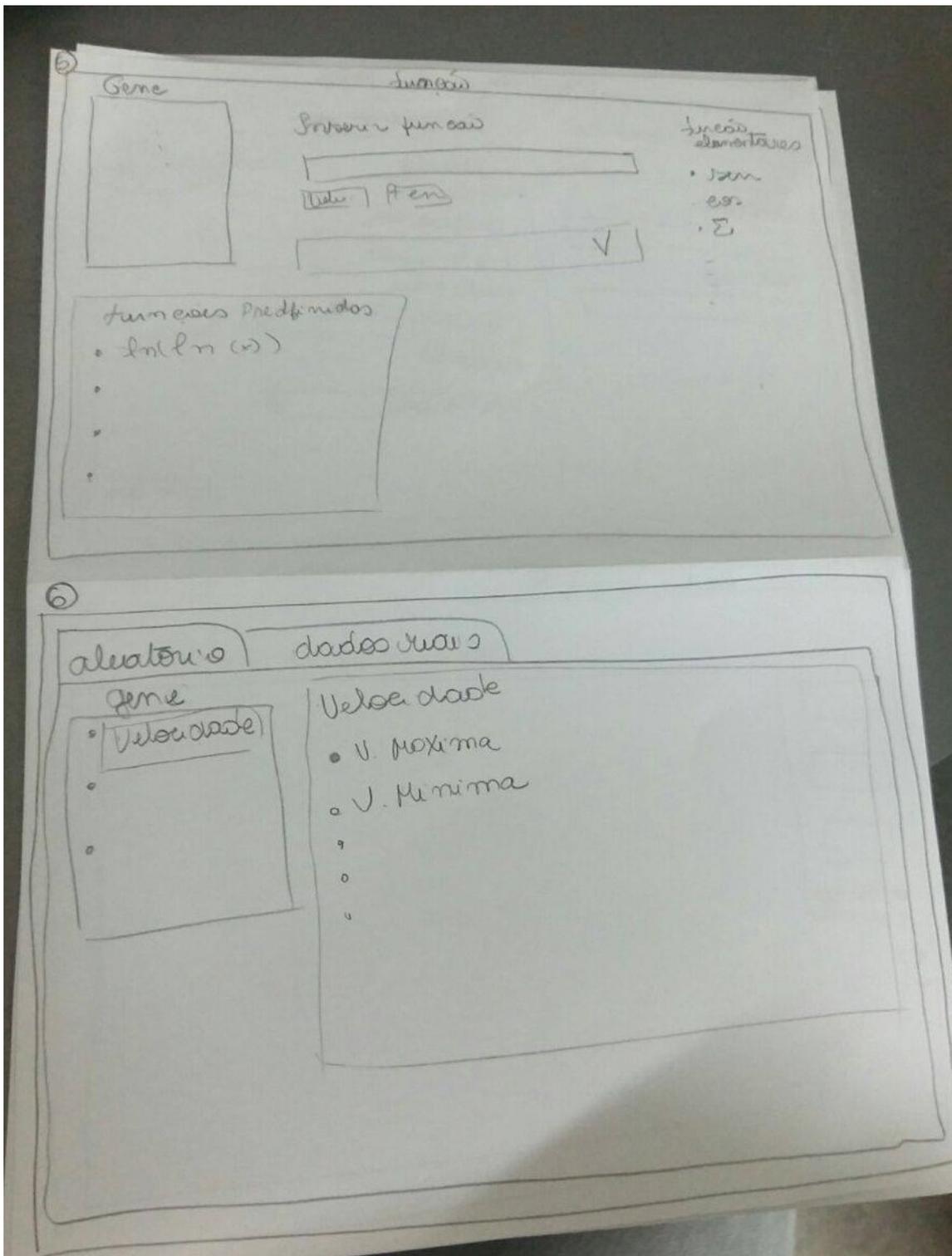


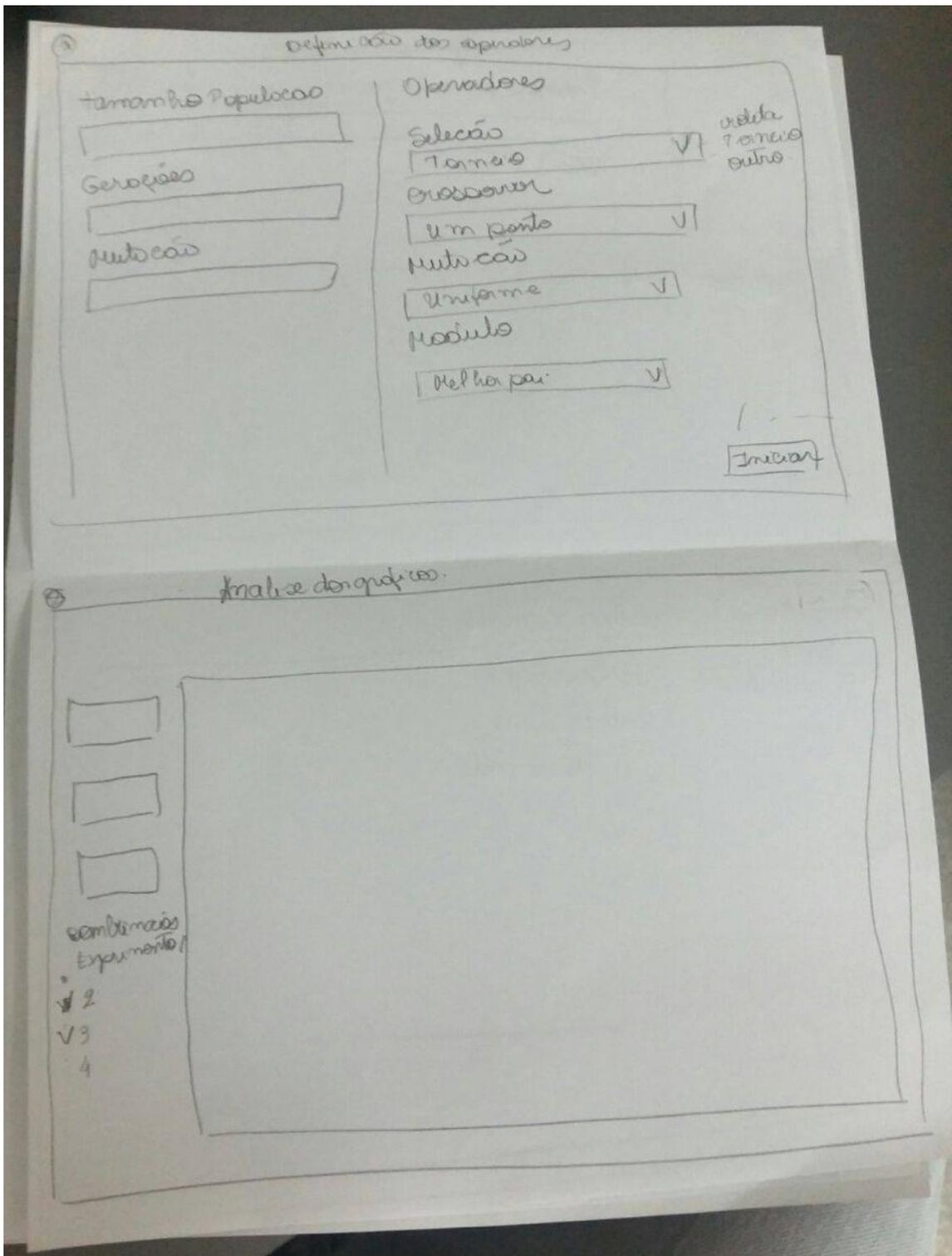
3



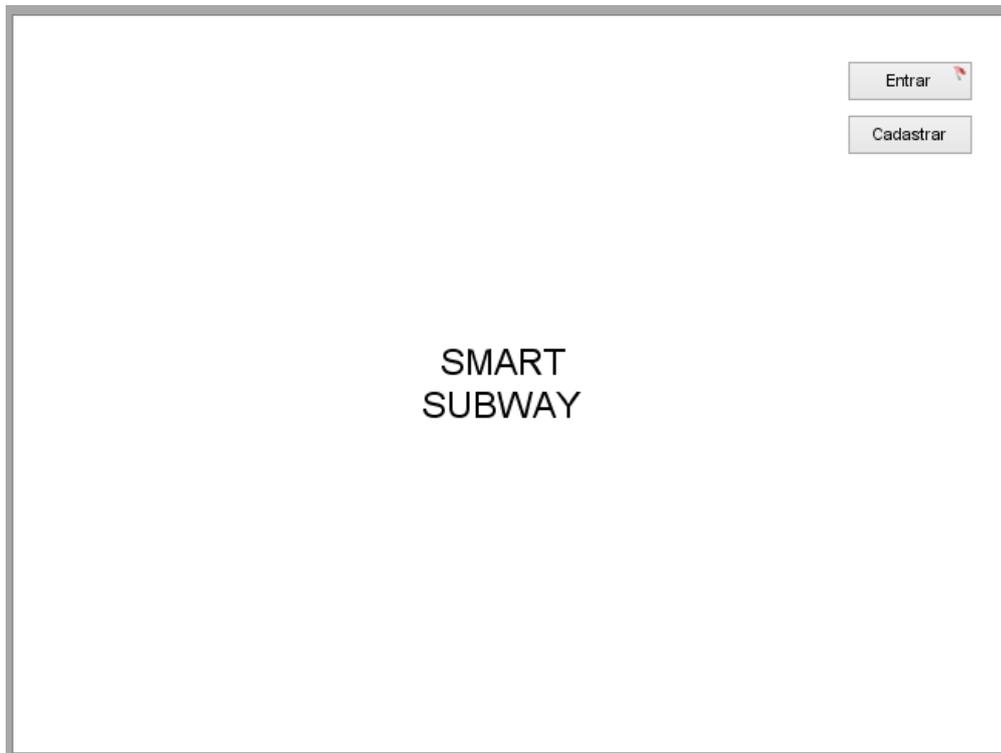
4

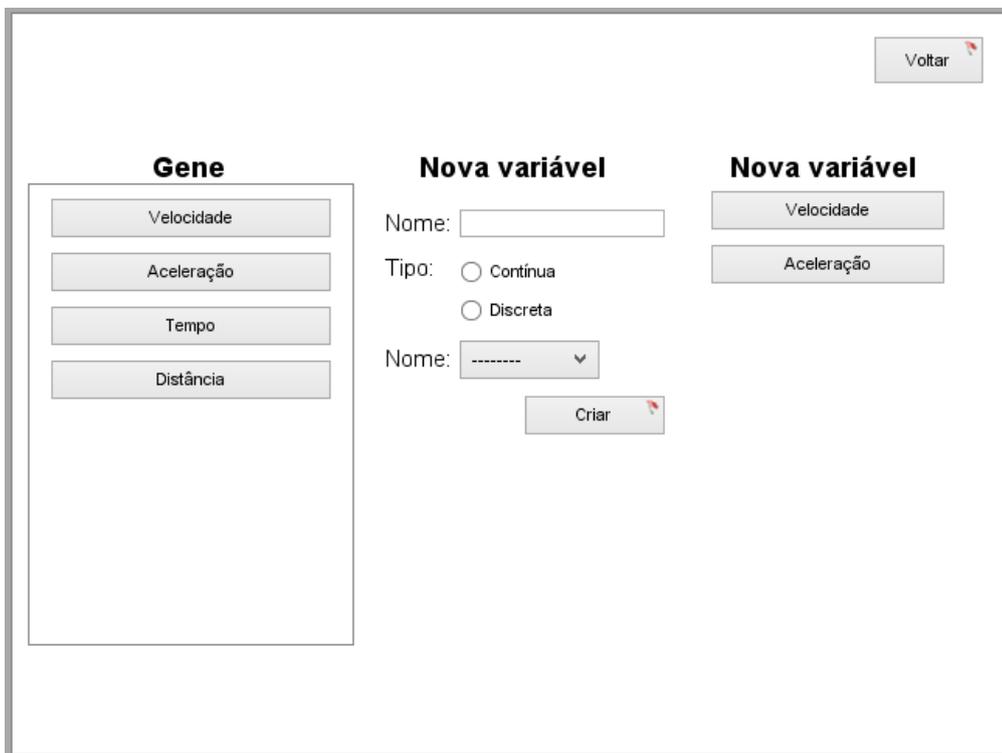
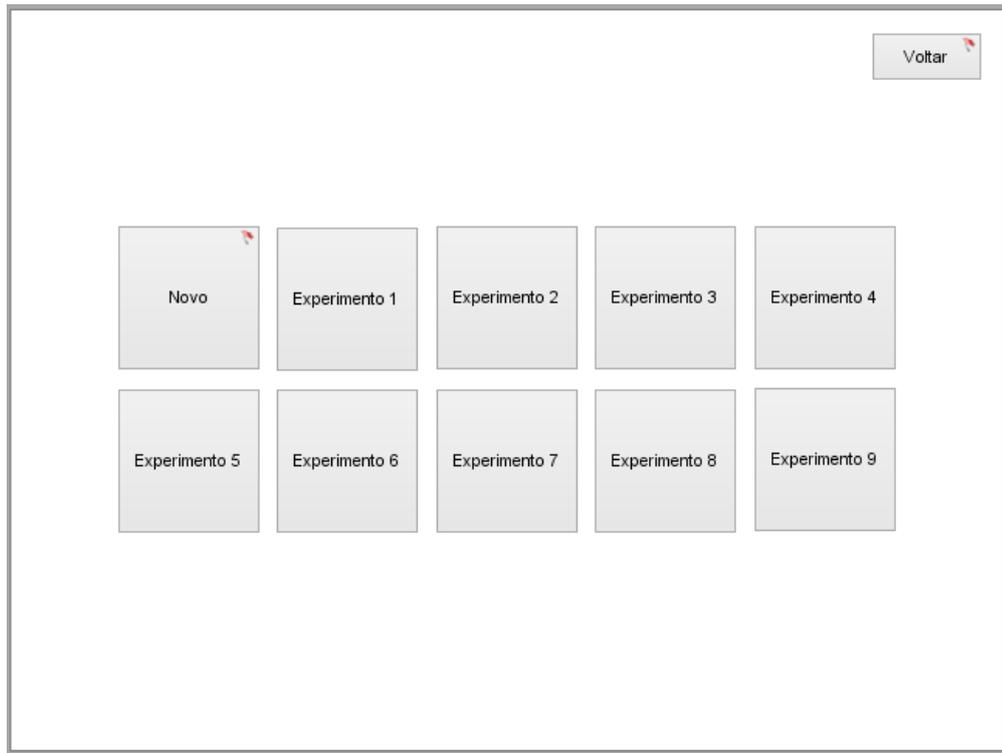






APÊNDICE B - Protótipo funcional preliminar





Gene

Velocidade

Aceleração

Tempo

Distância

Inserir função

Inserir

Funções Elementares

Cosseno

Seno

Tangente

Funções Pré-Definidas

$\ln(\ln(x))$

x^2

$(m \cdot \sqrt{v})/3$

Aleatório Dados reais

Gene

Velocidade

Aceleração

Tempo

Distância