

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**Projeto de interfaces de sistema de
gestão de infraestrutura ferroviária
utilizando interação por manipulação
direta: um estudo empírico**

Guilherme Morais Barbosa

JUIZ DE FORA
DEZEMBRO, 2023

Projeto de interfaces de sistema de gestão de infraestrutura ferroviária utilizando interação por manipulação direta: um estudo empírico

GUILHERME MORAIS BARBOSA

Universidade Federal de Juiz de Fora
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Bacharelado em Ciência da Computação

Orientador: André Luiz de Oliveira

JUIZ DE FORA
DEZEMBRO, 2023

PROJETO DE INTERFACES DE SISTEMA DE GESTÃO DE
INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA UTILIZANDO
INTERAÇÃO POR MANIPULAÇÃO DIRETA: UM ESTUDO
EMPÍRICO

Guilherme Morais Barbosa

JUIZ DE FORA

14 DE DEZEMBRO, 2023

Resumo

Contextualização: A crescente presença das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) tem provocado transformações significativas na vida cotidiana e no ambiente empresarial. Nas empresas de logística ferroviária, as TICs desempenham um papel essencial, particularmente no gerenciamento de áreas críticas, como o controle de pátios ferroviários. **Motivação:** Ao analisar o sistema utilizado por uma empresa brasileira nesse setor, identificou-se que a falta de uma representação gráfica eficaz da localização de veículos ferroviários afetava diretamente a eficiência dos colaboradores responsáveis pelo gerenciamento do pátio. **Objetivo:** Para solucionar esse problema, neste estudo, foi realizado o reprojeto de interfaces do sistema de controle de pátios, denominado Gráfico de Controle de Pátios (GCP), utilizando o estilo de interação por manipulação direta. **Metodologia:** Além do reprojeto do sistema, um estudo empírico com usuários, utilizando o método de Teste de Usabilidade, foi conduzido para avaliar a usabilidade do GCP e da versão anterior do sistema. **Resultados:** Os resultados deste estudo revelaram que o nova versão do sistema (GCP), com estilo de interação por manipulação direta, apresentou melhorias de fatores de usabilidade como facilidade de aprendizagem e memorização e eficiência no uso em comparação com a versão anterior do sistema. **Conclusão:** Constatou-se que a adoção da interação por manipulação direta contribuiu para o aumento da satisfação do usuário durante o uso.

Palavras-chave: Testes de usabilidade, Estilo de interação, Sistema ferroviário.

Abstract

Contextualization: The growing presence of Information and Communication Technologies (ICTs) has caused significant transformations in everyday life and in the business environment. In railway logistics companies, ICTs play an essential role, particularly in the management of critical areas, such as the control of railway yards. **Motivation:** When analyzing the system used by a Brazilian company in this sector, it was identified that the lack of an effective graphical representation of the location of railway vehicles directly affected the efficiency of employees responsible for yard management. **Objective:** To solve this problem, in this study, the interfaces of the yard control system, called Yard Control Chart (GCP), were redesigned. using the direct manipulation style of interaction. **Methodology:** In addition to the system redesign, an empirical study with users, using the Usability Test method, was conducted to evaluate the usability of GCP and the previous version of the system. **Results:** The results of this study revealed that the new version of the system (GCP), with direct manipulation interaction style, presented improvements in usability factors such as ease of learning and memorization and efficiency in use compared to the previous version previous system. **Conclusion:** It was found that the adoption of direct manipulation interaction contributed to increased user satisfaction during use.

Keywords: Usability tests , Interaction style , Railway system.

Agradecimentos

Agradeço ao meu pai, Fernando Barbosa, que sempre esteve ao meu lado em todas as minhas decisões, me apoiando e aconselhando, e ajudando a superar os longos desafios da vida, sendo sempre o meu porto seguro para tudo. À minha mãe, Romilda Barbosa, que sempre foi minha companheira e melhor amiga, me protegendo e guiando os meus passos, sendo o meu anjo da guarda. À companheira do meu pai, Maria Izabel, que me ajuda a cuidar dele e sempre me auxiliou ao longo dessa caminhada. À minha avó, Maria de Lourdes Moraes, minha segunda mãe, sempre cuidando de mim e zelando pelo meu sucesso e bem-estar. Minhas primas, tias e tios me auxiliaram nos momentos mais difíceis. À minha namorada, Tais Reis, que me deu o suporte necessário para passar pelos desafios da faculdade e da vida, me acolhendo e cuidando de mim. À minha sogra, Lilian Reis, e ao Tarcísio Simas, por me ajudarem a tornar a vida um pouco mais leve. Ao meu orientador, que sempre esteve presente quando necessário, me apoiando e dando suporte na escrita deste trabalho de conclusão de curso.

Conteúdo

Lista de Figuras	8
Lista de Tabelas	11
Lista de Abreviações	13
1 Introdução	14
1.1 Contextualização	14
1.2 Motivação e Problema	15
1.3 Objetivo	16
1.4 Metodologia	16
1.5 Considerações Finais	17
2 Fundamentação Teórica	19
2.1 Perspectivas de Interação	19
2.2 Metáfora de Interface	21
2.3 Desenvolvimento de Sistema Interativos	21
2.4 Engenharia Cognitiva	22
2.5 Estilo de Iteração	24
2.6 Método de Avaliação da IHC	28
2.7 Teste de Usabilidade	29
2.8 Gráfico Box-Plot	31
2.9 Controle de Pátios	33
2.9.1 Alteração da posição de um veículo em sua atual localização	34
2.9.2 Retirar um ou mais veículos da composição de um Trem . .	36
2.10 Análise das Considerações Finais	38
3 Trabalhos relacionados	39
3.1 Planejamento	39
3.2 Conduzindo a pesquisa	41
3.3 Extração, análise e síntese de dados	41
3.3.1 Estudos Comparativos entre Estilos de Interação	41
3.3.1.1 Novos sistemas que empregam o estilo de interação por manipulação direta	49
3.3.2 Análise dos trabalhos relacionados	59

4	Metodologia	60
4.1	Análise	61
4.1.1	Escopo do sistema	62
4.1.2	Metas de design	62
4.1.3	Caracterização dos Usuários	62
4.1.4	Requisitos Funcionais	63
4.1.5	Requisitos não Funcionais	63
4.1.6	Especificação dos Requisitos Funcionais	63
4.1.7	Especificação dos Requisitos não Funcionais	64
4.2	Projeto da Intervenção	64
4.2.1	Especificação dos Cenários para Detalhar os Requisitos Funcionais do Sistema	64
4.2.2	Modelagem de Tarefas	66
4.2.3	Prototipação dos Cenários	66
4.3	Avaliação de IHC	67
5	GCP - Gráfico de Controle de Pátios	68
5.1	Arquitetura	68
5.2	Diagrama Entidade-Relacionamento	70
5.3	Visão Geral do Back-End	73
5.3.1	POS C++	74
5.4	Visão Geral do Front-End	75
5.4.1	Descrição das Telas GCP	76
5.5	Modelo Navegacional do GCP	77
5.5.1	Verificar Informações dos Blocos Alocados no Pátio	78
5.5.2	Movimentar Bloco e Trem	80
5.5.3	Desengatar Vagão ou Locomotiva	81
5.5.4	Listar Veículos que Formam os Blocos	83
5.5.5	Análise Fluxo de Atendimento Terminais e Locomotivas	84
6	Teste de Usabilidade	86
6.1	Preparação	86
6.2	Coleta de Dados	90
6.3	Análise dos Resultados	93
6.4	Considerações Finais	106
7	Conclusões e Trabalhos Futuros	107
	Bibliografia	109
A	Apêndice	111

A.1	Requisitos Funcionais	111
B	Apêndice	112
B.1	Requisitos não Funcionais	112
C	Apêndice	113
C.1	Especificação dos Requisitos Funcionais	113
D	Apêndice	124
D.1	Especificação dos Requisitos não Funcionais	124
E	Apêndice	127
E.1	Prototipação utilizando a ferramenta <i>Balsamiq</i>	127
F	Apêndice	130
F.1	Testes Pós-testes	131
G	Apêndice	136
G.1	Resultado das tarefas executadas no teste de usabilidade	137
H	Apêndice	143
H.1	Resultados dos questionários pós-testes	144

Lista de Figuras

2.1	Perspectivas de interação humano-computador (BARBOSA; SILVA, 2010).	20
2.2	Golfos de execução e de avaliação que o usuário precisa atravessar ao interagir com um sistema físico (BARBOSA; SILVA, 2010).	23
2.3	Estágios de atividade do usuário na travessia dos golfos de execução e de avaliação (adaptado de Norman, 1986, p. 42).	23
2.4	Terminal comando <i>Windows</i>	25
2.5	Exemplo de um <i>chat bot</i> (O..., 2022)	26
2.6	Exemplo de menus (BARBOSA; SILVA, 2010).	27
2.7	Exemplo de formulário (BARBOSA; SILVA, 2010).	27
2.8	Exemplo de iteração direta (BARBOSA; SILVA, 2010).	28
2.9	Metodologia do Teste de Usabilidade (BARBOSA; SILVA, 2010).	30
2.10	Partes de um gráfico Box Plot (GALARNYK, 2019).	32
2.11	Representação do sistema Controle de Pátios. Fonte: Autoria própria	33
2.12	Alteração da posição dos veículos 9874563 e 5478991. Fonte: Autoria própria	34
2.13	Confirmar alteração da posição dos veículos 9874563 e 5478991. Fonte: Autoria própria	35
2.14	Veículos 9874563 na nova posição 2 e veículo 5478991 na nova posição 6. Fonte: Autoria própria	35
2.15	Veículo 6997296, localizado no TREM5, movimentado para à L1. Fonte: Autoria própria	36
2.16	Confirmar posição no destino. Fonte: Autoria própria	37
2.17	Confirmar movimentação do veículo 6997296 para à L1. Fonte: Autoria própria	37
2.18	Atualização da grid principal. Fonte: Autoria própria	38
3.1	Exemplo do Python Tutor (ADAM; DAOUD; FRISON, 2019).	43
3.2	Exemplo do AlgoTouch (ADAM; DAOUD; FRISON, 2019).	43
3.3	Resultado dos exercícios propostos (ADAM; DAOUD; FRISON, 2019).	45
3.4	Categorias das imagens : cidade, férias, comida, animal de estimação, captura de tela (da esquerda para a direita) (HAHN; WIMMER, 2019).	46
3.5	Métodos de entrada: computador desktop, mesa interativa e processo físico (HAHN; WIMMER, 2019).	46

3.6	Comparação das modalidades de tarefas para Repetição 1 (HAHN; WIMMER, 2019).	47
3.7	Comparação das modalidades de tarefas para Repetição 2 (HAHN; WIMMER, 2019).	48
3.8	Estilo de interação de Manipulação Direta (CARRILLO; FALGUERAS, 2015).	50
3.9	Estilo de interação de Interação Orienta por Objetivo (CARRILLO; FALGUERAS, 2015).	51
3.10	Resultados obtidos (CARRILLO; FALGUERAS, 2015)	53
3.11	Exemplo de uma configuração de torneio de futebol (VUILLEMOT; PERIN, 2016).	56
3.12	Captura de tela da interface. O plano de fundo exibe possíveis trajetórias para as equipes, e a interface inclui um botão de ação, como um botão de reinicialização que permite aos usuários recomeçarem e um botão de preenchimento automático para automatizar o preenchimento da tabela (VUILLEMOT; PERIN, 2016).	57
3.13	Etapas principais para usar a interface. Os usuários podem fazer uma previsão para uma única equipe por vez (VUILLEMOT; PERIN, 2016).	58
4.1	Fases do Ciclo de Desenvolvimento do Aplicativo. Fonte: Autoria Própria	60
4.2	Exemplo modelo de tarefas. Fonte: Autoria Própria	66
5.1	Arquitetura GCP. Fonte: Autoria Própria	70
5.2	Diagrama Entidade-Relacionamento (DIR). Fonte: Autoria Própria	71
5.3	Modelo navegacional do GCP. Fonte: Autoria Própria	78
5.4	Exemplo de Blocos de vagões.	79
5.5	Exemplo Bloco Locomotiva.	80
5.6	O Bloco 8F está na localização 1255 metros. Fonte: Autoria Própria	80
5.7	A locomotiva 3759 está na localização 862 metros. Fonte: Autoria Própria	81
5.8	Selecionar Bloco, vagão e clicar no checkbox. Fonte: Autoria Própria	81
5.9	Após clicar no checkbox o Bloco será dividido em dois. Fonte: Autoria Própria	82
5.10	Bloco formado pelo vagão selecionado e seus subsequentes. Fonte: Autoria Própria	82
5.11	Bloco formado pelo restante dos vagões do Bloco original. Fonte: Autoria Própria	83
5.12	Informações de um Bloco de vagões. Fonte: Autoria Própria	84
5.13	Informações de uma locomotiva. Fonte: Autoria Própria	84

5.14	Fluxo atendimento locomotivas. Fonte: Autoria Própria	85
5.15	Fluxo atendimento dos terminais. Fonte: Autoria Própria	85
6.1	Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T1 e T2 relacionado ao tempo de execução	95
6.2	Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T3 e T4 relacionado ao tempo de execução	96
6.3	Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T1 e T2 relacionado ao número de erros	97
6.4	Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T3 e T4 relacionado ao número de erros	98
6.5	Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T1 e T2 relacionado ao número de cliques	99
6.6	Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T3 e T4 relacionado ao número de cliques	100
6.7	Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP relacionado ao tempo de execução das tarefas	101
6.8	Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP relacionado ao número de erros	102
6.9	Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP relacionado ao número de cliques	103
6.10	Resultado questionário pós-testes.	105
E.1	Prototipação tela de login. Sistema GCP. Fonte: Autoria própria	127
E.2	Prototipação tela principal. Sistema GCP. Fonte: Autoria própria . . .	128
E.3	Prototipação função de editar composição. Sistema GCP. Fonte: Autoria própria	129
F.1	Questionário para realizar os testes de usabilidade no sistema GCP . . .	131
F.2	Questionário para realizar os testes de usabilidade no sistema GCP . . .	132
F.3	Questionário para realizar os testes de usabilidade no sistema GCP . . .	133
F.4	Questionário para realizar os testes de usabilidade no sistema GCP . . .	134
F.5	Questionário para realizar os testes de usabilidade no sistema GCP . . .	135

Lista de Tabelas

3.1	Diferença entre os trabalhos analisados. Fonte: Autoria própria . . .	59
3.2	Diferença entre os trabalhos analisados. Fonte: Autoria própria . . .	59
6.1	Questões do questionário de caracterização de perfil, onde “*” para perguntas com respostas obrigatórias e “**” para perguntas obrigatórias podendo ter mais de uma resposta.	87
A.1	Requisitos Funcionais	111
B.1	Requisitos não Funcionais	112
C.1	Especificação requisito funcional RF1	114
C.2	Especificação requisito funcional RF2	115
C.3	Especificação requisito funcional RF3	116
C.4	Especificação requisito funcional RF4	117
C.5	Especificação requisito funcional RF5	118
C.6	Especificação requisito funcional RF6	119
C.7	Especificação requisito funcional RF7	120
C.8	Especificação requisito funcional RF8	121
C.9	Especificação requisito funcional RF9	122
C.10	Especificação requisito funcional RF10	123
D.1	Especificação requisito não funcional RFN1	124
D.2	Especificação requisito não funcional RFN2	125
D.3	Especificação requisito não funcional RFN3	125
D.4	Especificação requisito não funcional RFN4	125
D.5	Especificação requisito não funcional RFN5	125
D.6	Especificação requisito não funcional RFN6	126
D.7	Especificação requisito não funcional RFN7	126
G.1	Tempo execução nas tarefas no Sistema Controle de Pátios (projeto antigo)	137
G.2	Erros cometidos por tarefas no Sistema Controle de Pátios (projeto antigo)	138
G.3	Número cliques por tarefa no Controle de Pátios (projeto antigo)	139
G.4	Tempo execução nas tarefas no GCP (sistema reprojeto)	140

G.5	Erros cometidos por tarefa GCP (sistema reprojeto)	141
G.6	Número cliques por tarefa no GCP (sistema reprojeto)	142
H.1	Respostas questionário pós-testes Controle de Pátios (projeto antigo)	144
H.2	Respostas questionário pré-testes GCP (sistema reprojeto)	145

Lista de Abreviações

TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
IHC	Interação Humano-Computador
ES	Engenharia de Software
IU	Interface com o Usuário
SO	Sistema Operacional
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
GCP	Gráfico de Controlo de Pátios
MVC	Model-View-Controller
VCL	Visual Component Library
POS	Persistent Objects Service
IDE	Integrated Development Environment
RM	Ranking Médio

1 Introdução

1.1 Contextualização

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) são sistemas interativos nos quais os usuários fornecem entradas e recebem respostas ou resultados (BARBOSA; SILVA, 2010). Exemplos dessa interatividade são observados em diferentes dispositivos eletrônicos, que combinam poder computacional e meios de comunicação (telefonia, rádio, TV e Internet).

Com o objetivo de possibilitar que os usuários tirem o máximo proveito dos recursos computacionais oferecidos pelas TICs, é necessário que o design da interação e o projeto de interfaces sejam adequados. As características que tornam o design da interação e o projeto de interfaces adequados ao uso são determinadas por critérios de qualidade de uso. Dentre esses critérios, cita-se a usabilidade, que de acordo com Nielsen (1994), deve levar em consideração um conjunto de fatores, sendo eles:

- **Facilidade de aprendizado:** relacionada com o tempo e o esforço gasto pelo usuário para aprender a utilizar o sistema em um determinado nível (iniciante, intermediário ou avançado).
- **Facilidade de memorização:** esforço para que o usuário do sistema consiga recordar como utilizar suas ferramentas/funcionalidades.
- **Segurança no uso:** tempo necessário para a execução de uma atividade

dentro do sistema.

- **Satisfação do usuário:** grau de avaliação considerando a desenvoltura do sistema para a realização de tarefas nele.

Em suma, a usabilidade refere-se à facilidade do usuário em aprender e memorizar as principais funcionalidades do sistema, à eficácia no emprego do sistema para atingir os seus objetivos, à segurança durante sua utilização e à experiência do usuário (NIELSEN, 1994).

1.2 Motivação e Problema

Nas empresas envolvidas na logística ferroviária, as TICs auxiliam no gerenciamento e na emissão de documentos fiscais (Conhecimento de Transporte Eletrônico e Notas Fiscais), no rastreamento do transporte da carga em tempo real, possibilitando a localização precisa da composição de vagões e locomotivas ao longo da malha ferroviária e no controle dos pátios.

O sistema de Controle de Pátios ,abordado neste estudo, permite aos funcionários identificar os trens e veículos (vagões e locomotivas) presentes em áreas específicas do pátio, como linhas, oficinas e terminais. Além desses dados, o sistema possibilita a execução de operações por meio de interações baseadas em menus e formulários, permitindo manobras como anexações e retiradas de trens, bem como entregas, recebimentos em terminais ou oficinas e movimentações entre linhas.

Embora a versão do sistema Controle de Pátios em uso na empresa forneça dados relevantes ao usuário, é importante destacar que a mesma não oferece a

visualização do layout do pátio e o posicionamento dos veículos nas linhas, que são informações essenciais ao gerenciamento do pátio. Para suprir a ausência desta informação, em um dos pátios visitados, foi observada a existência de um quadro branco com o mapa do pátio, no qual os funcionários desenhavam as posições dos veículos. Contudo, a utilização do quadro exigia um considerável esforço no mapeamento da localização dos veículos, além de restringir a disponibilidade da informação ao próprio pátio.

1.3 Objetivo

Para superar esse problema, neste trabalho é proposto o re-projeto de interfaces da versão atual do Sistema de Controle de Pátios (SCP). O reprojeto do sistema envolveu a transição do estilo de interação baseado em menus e formulários no SCP para a manipulação direta, visando reduzir o tempo e o número de erros cometidos pelos usuários nas tarefas de busca e movimentação de vagões e locomotivas no pátio. Após a alteração do projeto de interfaces, foi conduzido um estudo empírico para avaliar aspectos de usabilidade da nova versão do sistema denominada Gráfico de Controle de Pátios (GCP) em comparação com a versão atual do sistema.

1.4 Metodologia

Inicialmente, na fase de análise da situação atual, foram realizadas reuniões de brainstorm para a coleta e especificação dos requisitos funcionais, com a participação de usuários-chave do Sistema Controle de Pátios. Nessas reuniões, os usuários e demais interessados no sistema apontaram as funcionalidades de

maior relevância e os requisitos não funcionais foram obtidos de forma ortogonal (CHUNG et al., 2012).

Posteriormente, na etapa de síntese da intervenção, o *design* da interação e o projeto de interfaces do sistema GCP foi concebido utilizando a Teoria da Ação da Engenharia Cognitiva (NORMAN, 1986), que enfatiza elementos como mapeamento, feedback e *affordances* para aprimorar aspectos de usabilidade e da experiência do usuário. Com a conclusão desta fase, iniciou-se o desenvolvimento de interfaces, utilizando a ferramenta de prototipação Balsamiq - Ferramenta de Wireframing e aplicando o estilo por manipulação direta.

Na fase de avaliação da intervenção, o método de Teste de Usabilidade foi aplicado para avaliar aspectos de usabilidade e da experiência do usuário do projeto de interfaces do sistema GCP em comparação com o sistema de controle de pátios. Dessa forma, um estudo empírico com usuários foi conduzido para avaliar aspectos de usabilidade e da experiência do usuário de projetos de interfaces de sistemas de gestão de ferroviária baseadas em menus e formulários e por manipulação direta. Os dados coletados nessa etapa foram obtidos por meio da execução de experimentos envolvendo funcionários da empresa.

1.5 Considerações Finais

Esta monografia está organizada em sete capítulos. No Capítulo 2 são apresentados os conceitos como Metáfora de interface, desenvolvimento de sistemas interativos, Engenharia Cognitiva, estilos de interação e teste de usabilidade, necessários para a compreensão das contribuições deste trabalho. No Capítulo 3 é apresentada uma visão geral dos trabalhos relacionados. No Capítulo 4 são descritos os passos me-

metodológicos seguidos para o desenvolvimento deste trabalho. No Capítulo 5 são apresentados os requisitos e a arquitetura do sistema reprojeto. No Capítulo 6, é descrito o estudo empírico conduzido para avaliar a usabilidade da nova versão do sistema de gestão de pátios (GCP) utilizando o estilo de interação por manipulação direta comparado com a versão anterior do sistema. No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões e as propostas de trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica

Neste capítulo são apresentados os conceitos básicos da área de Interação Humano-Computador como interação, interface, *affordances*, usabilidades e heurísticas de design necessários para a compreensão das contribuições deste trabalho de conclusão de curso. Na Seção 2.1 são apresentadas as Perspectivas de Interação propostas por Kammergaard (1988). As metáforas de interfaces são descritas na Seção 2.2. O processo de desenvolvimento de sistemas computacionais interativos é descrito na Seção 2.3. Na Seção 2.4, é apresentada uma visão geral da Teoria da Engenharia Cognitiva. A análise dos estilos de interação, de acordo com Barbosa e Silva (2010), é abordada na Seção 2.5. Na Seção 2.6, é descrito o método de avaliação Teste de Usabilidade utilizado na avaliação da qualidade de uso do projeto de interfaces do sistema de gestão de pátios de uma empresa de logística ferroviária. Na Seção 2.7 é apresentado o sistema de gestão de pátios, que é o objeto deste estudo.

2.1 Perspectivas de Interação

Na interação usuário-sistema, observam-se as ações e reações resultantes da união entre um indivíduo e um software (HIX; HARTSON, 1993). De acordo com Kammergaard (1988), existem quatro perspectivas de interação usuário-sistema: perspectiva de sistema, de parceiro de discurso, de ferramenta e de mídia. Cada uma apresenta papéis e caracterizações diferentes para os usuários e sistemas (Figura

2.1).

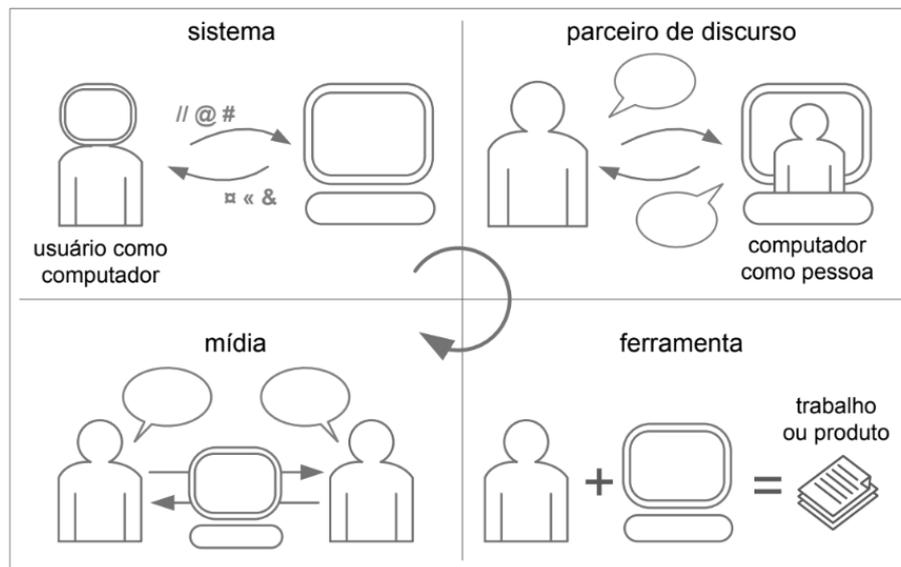


Figura 2.1: Perspectivas de interação humano-computador (BARBOSA; SILVA, 2010).

Na perspectiva de sistema, a interação ocorre de forma restrita, utilizando formatos de entrada padronizados, com o objetivo principal de otimizar a eficiência na transmissão de dados, minimizando tanto o tempo quanto possíveis falhas. O terminal de comando do sistema operacional *Windows* serve como exemplo desse tipo de interação.

Os sistemas interativos em parceiro de discurso devem emular o comportamento humano, tornando a interação humano-computador mais próxima de uma conversa entre pessoas, sendo capazes de tomar decisões, raciocinar, obter informações, entre outras características.

Na perspectiva de ferramenta, o software é considerado um instrumento que auxilia os usuários no desempenho de tarefas. Um exemplo deste tipo de

perspectiva é o pacote *Microsoft Office*.

Na perspectiva de mídia, a comunicação ocorre tanto entre indivíduos, por meio de e-mails, fóruns, chats e redes sociais, quanto de maneira unilateral entre os usuários e os *designers* do sistema.

2.2 Metáfora de Interface

A metáfora de interface permite fazer uso de objetos concretos em estruturas abstratas (FERNANDES, 2005). De acordo com Cooper et al. (1995) temos três modelos para o desenvolvimento de sistemas computacionais: o de implementação, o mental e o manifesto. No primeiro ele está relacionado com as tecnologias usadas para o desenvolvimento do sistema, o segundo é como o usuário entende o software e o modelo de manifesto está associado a interface e a maneira como sistema foi desenhado.

2.3 Desenvolvimento de Sistema Interativos

A criação de um sistema interativo de qualidade envolve a aplicação de um conjunto de conceitos e técnicas provenientes da Interação Humano-Computador (IHC) e Engenharia de Software (ES). Enquanto a Engenharia de Software se encarrega da parte funcional do sistema, a Interação Humano-Computador concentra-se na elaboração da interface com o usuário (BARBOSA; SILVA, 2010).

Para Rogers, Sharp e Preece (2005) o desenvolvimento de *designs* interativos deve possuir algumas etapas básicas:

1. **Identificar necessidades e estabelecer requisitos:** deve-se fazer um

estudo para validar quais tarefas devem existir no sistema

2. **Desenvolver designs alternativos que preencham esses requisitos:** realizar o desenvolvimento de *designs* que atendam os requisitos dos usuários.
3. **Construir versões interativas:** realizar a construção de protótipos interativos do sistema para que seja possível a avaliação dos usuários e os *stakeholders*.
4. **Avaliar o que está sendo construído durante o processo:** realizar a avaliação ao longo do desenvolvimento do sistema, para evitar que o mesmo chegue ao usuário final com *bugs*.

2.4 Engenharia Cognitiva

A teoria da Engenharia Cognitiva, desenvolvida por Norman (1986), tem como propósito orientar as decisões de design, destacando as escolhas mais eficazes. Essa abordagem fundamenta-se em variáveis psicológicas, considerando que o usuário inicia sua interação com objetivos e intenções claras, e variáveis físicas, onde o propósito concebido pelo usuário deve ser aplicado em um sistema com controles físicos.

A disparidade entre as variáveis físicas e psicológicas é delineada por Norman (1986) por meio de dois golfos: o da execução e o da avaliação (Figura 2.2). O golfo da execução diz respeito a todos os esforços necessários para que o usuário planeje suas ações e as execute conforme o planejamento. Já o golfo da avaliação representa o momento em que o usuário observa as saídas e as mudanças no sistema para verificar se as ações empreendidas o aproximam do objetivo planejado.

Na Figura 2.3, encontramos uma representação detalhada dos estágios da travessia dos golfos, sendo que, de acordo com Norman, o ciclo se inicia na fase de execução, na qual o usuário estabelece, em termos gerais, qual é seu objetivo.

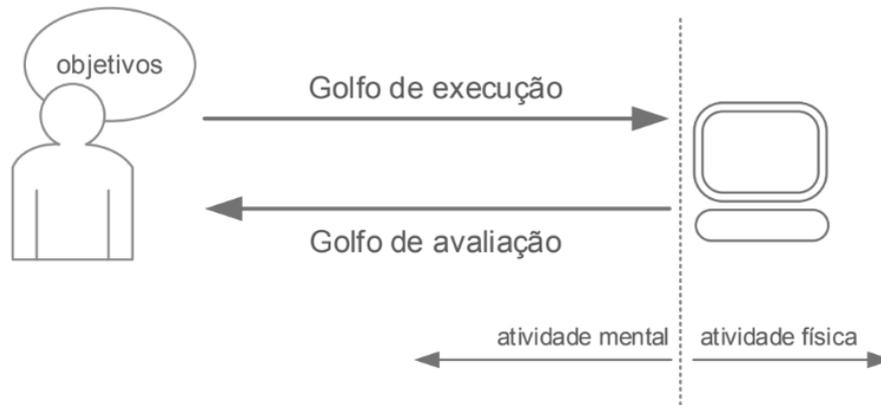


Figura 2.2: Golfos de execução e de avaliação que o usuário precisa atravessar ao interagir com um sistema físico (BARBOSA; SILVA, 2010).

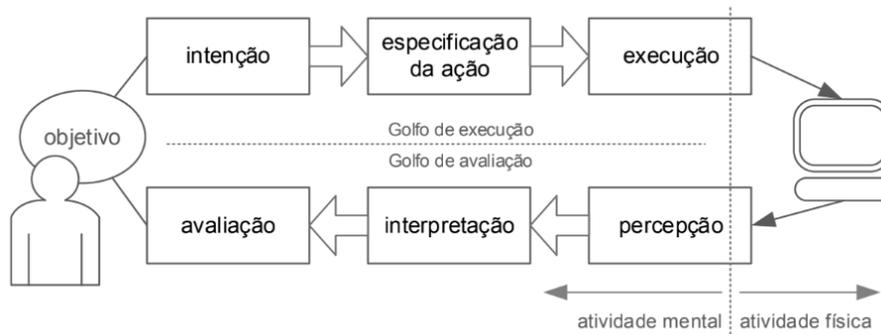


Figura 2.3: Estágios de atividade do usuário na travessia dos golfos de execução e de avaliação (adaptado de Norman, 1986, p. 42).

Com uma intenção claramente definida, o usuário selecionará as ações que

devem ser realizadas na interface e determinará a ordem em que serão executadas. Após realizar as devidas especificações, será possível colocar o planejamento em ação, executando as tarefas de acordo com a sequência estabelecida.

O sistema modificará sua interface, apresentando as alterações por meio dos dispositivos de saída, em conformidade com as ações realizadas. Ao constatar a modificação no estado da interface, o usuário dá início à atividade de interpretação. O ciclo é finalizado com a avaliação do novo estado, durante a qual se verifica se as ações empreendidas contribuíram para a aproximação do objetivo estabelecido no golfo de execução. Vale lembrar que a ausência de respostas do sistema, diante das ações executadas nele, influencia negativamente a interpretação do usuário.

2.5 Estilo de Iteração

A interface de software refere-se à maneira como os usuários interagem com um programa ou sistema computacional. Ela inclui todos os elementos visuais, gráficos e interativos que permitem aos usuários comunicar e operar o software. De acordo com Barbosa e Silva (2010), os estilos de interação mais comumente utilizados são:

1. linguagem de comando;
2. linguagem natural;
3. interação por menus
4. formulários
5. manipulação direta

No modo de interação por linguagem de comando, os usuários inserem comandos predefinidos para executar ações específicas. De acordo com Shneiderman (1998), este tipo de interação é caracterizado por sua precisão, concisão, facilidade tanto de escrita quanto de leitura, completude, memorização e aprendizado. Um exemplo prático desse tipo de interação pode ser observado no terminal de comando (Figura 2.4) do sistema operacional *Windows*. Este ambiente permite que os usuários emitam comandos textuais para realizar diversas operações no sistema, proporcionando uma abordagem direta e eficiente para a execução de tarefas específicas.

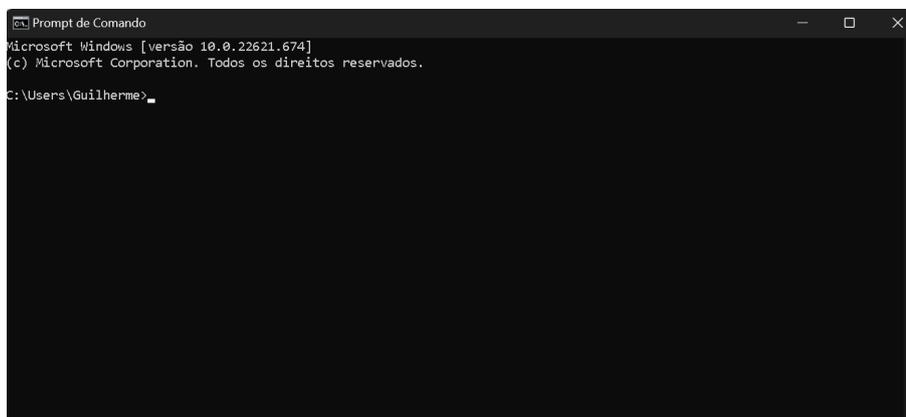


Figura 2.4: Terminal comando *Windows*.

A interação por linguagem natural tenta simular a conversa entre pessoas. Seu propósito é simplificar o uso de sistemas para usuários iniciantes, embora revele ineficácia para usuários experientes e não demarque claramente os limites da linguagem empregada. Um exemplo ilustrativo são os *chatbots* (Figura 2.5), cada vez mais empregados em *websites* de instituições bancárias.

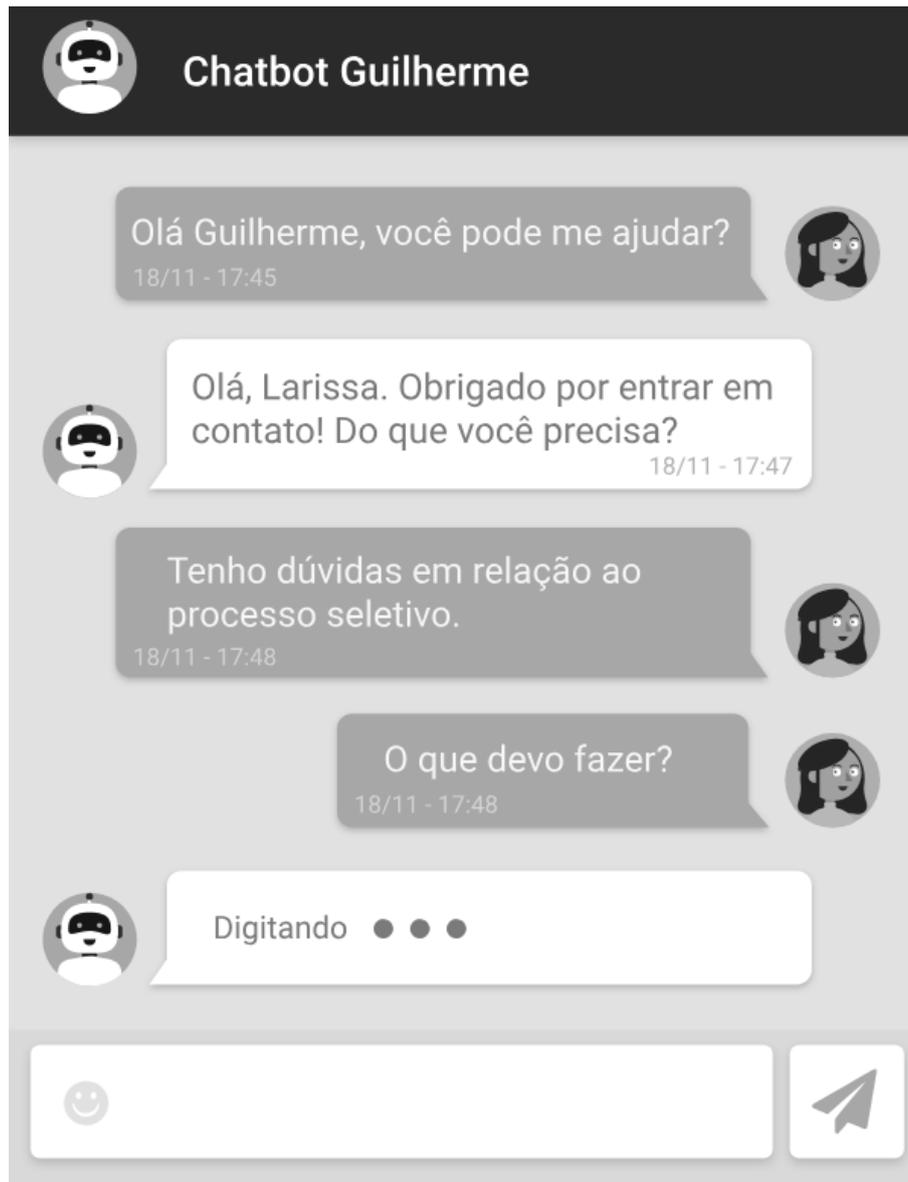


Figura 2.5: Exemplo de um *chat bot* (O..., 2022)

Na interação por menu (Figura 2.6), são apresentadas as funcionalidades que o usuário pode executar. Segundo Shneiderman (1998), o objetivo desse tipo de interação é criar um sistema organizado, inteligente e de fácil memorização.

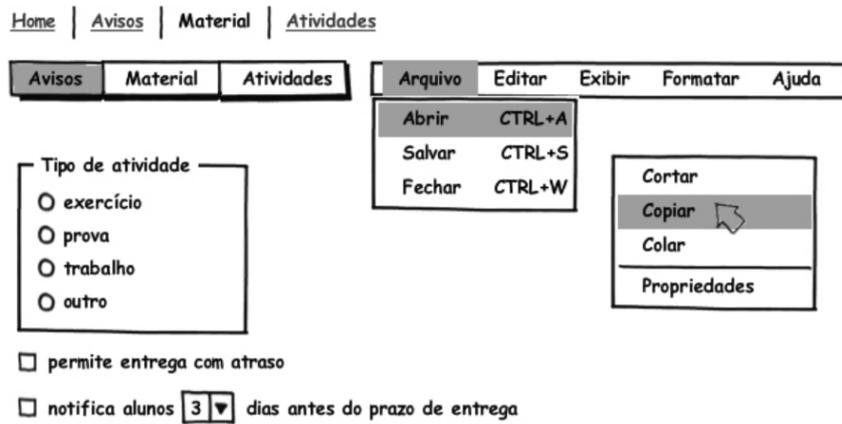


Figura 2.6: Exemplo de menus (BARBOSA; SILVA, 2010).

A interação por formulário (2.7) é composta por uma sequência de perguntas que devem ser respondidas. Exemplos comuns incluem os cadastros em sites.

The image shows a registration form with the following fields and options:

- Primeiro digite o CEP: [input] (Ex. 99999-999) Não sabe o seu CEP? Consulte aqui
- Tipo de Endereço: [dropdown]
- Endereço: [input] n.º [input] Dúvidas para o preenchimento do Endereço, clique aqui
- Complemento: [input] (Ex. ap. 1234)
- Bairro: [input]
- Cidade: [input]
- Estado: [dropdown]
- (Pedidos Internacionais) Estado/Provincia: [input]
- Pais: Brasil [dropdown]
- Telefone 1: [input] [input] DDD+Telefone Fixo, preenchimento obrigatório.
- Telefone 2: [input] [input]
- Referência para entrega: [input] (Ex: travessa na altura do nº 4600 da Av. Celso Garcia.)

Figura 2.7: Exemplo de formulário (BARBOSA; SILVA, 2010).

O estilo de interação por manipulação direta (Figura 2.8) busca criar si-

mulações que se aproximam do mundo real. Para alcançar esse objetivo, é necessário gerar uma representação visual do objeto no sistema, permitindo sua manipulação por meio de comandos do mouse, como duplo clique, clique-arrasto, arrasto-soltar e clique simples. É importante enfatizar que as ações devem ser executadas de forma ágil, proporcionando resultados imediatos, além de oferecer opções para reverter as alterações realizadas.

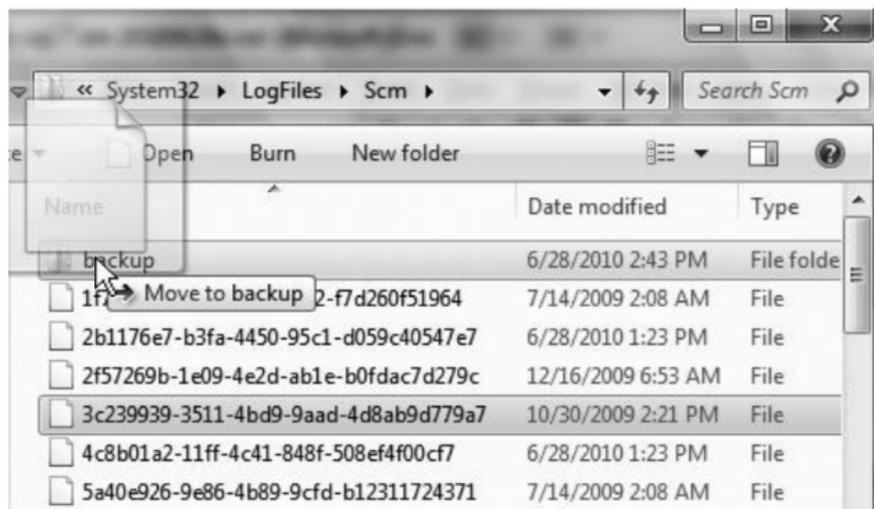


Figura 2.8: Exemplo de iteração direta (BARBOSA; SILVA, 2010).

2.6 Método de Avaliação da IHC

Há vários métodos de avaliação da qualidade de uso propostos na literatura, cada um atendendo a determinados objetivos de avaliação. Os métodos de avaliação da Interação Humano-Computador (IHC) são classificados em três categorias: baseados em inspeção, investigação ou observação.

Nos métodos baseados em inspeção, o avaliador inspeciona a interface para

identificar violações de heurísticas de usabilidade (Avaliação Heurística), avaliar a dificuldade de aprendizagem por exploração (Avaliação por Percorso Cognitivo) ou identificar rupturas comunicativas nas representações simbólicas e linguísticas utilizadas pelo designer para comunicar as ações disponíveis aos usuários (Inspeção Semiótica).

Os métodos baseados em investigação, como questionários e entrevistas com usuários, têm o propósito de coletar informações qualitativas sobre aspectos da experiência do usuário durante a interação com o sistema. Por fim, os métodos baseados em observação visam avaliar aspectos de usabilidade (Teste de Usabilidade) e comunicabilidade (Avaliação de Comunicabilidade) do design, da perspectiva do usuário final do sistema. Cada método de avaliação da IHC orienta explicita ou implicitamente a coleta de dados, a análise e os critérios de qualidade de uso a serem priorizados, como usabilidade, experiência do usuário, acessibilidade ou comunicabilidade (Barbosa, 2010).

2.7 Teste de Usabilidade

O Teste de Usabilidade é um método de avaliação baseado em observação. Para a realização do teste de usabilidade, dados são coletados a partir da execução de tarefas por um grupo de usuários em um ambiente controlado, como um laboratório. As informações obtidas são utilizadas para avaliar se o sistema analisado auxilia no alcance de objetivos em um determinado contexto, possibilitando a mensuração da usabilidade a partir das experiências de uso dos usuários. Na Figura 2.9 são descritas as atividades de cada fase do Teste de Usabilidade: preparação, coleta de dados, interpretação, consolidação e relato dos resultados.

teste de usabilidade	
atividade	tarefa
Preparação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ definir tarefas para os participantes executarem ▪ definir o perfil dos participantes e recrutá-los ▪ preparar material para observar e registrar o uso ▪ executar um teste-piloto
Coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ observar e registrar a performance e a opinião dos participantes durante sessões de uso controladas
Interpretação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ reunir, contabilizar e sumarizar os dados coletados dos participantes
Consolidação dos resultados	
Relato dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ relatar a performance e a opinião dos participantes

Figura 2.9: Metodologia do Teste de Usabilidade (BARBOSA; SILVA, 2010).

Na etapa de preparação, são definidos os objetivos do teste de usabilidade, o seu escopo (parte específica da interface do sistema a ser analisada) e o perfil dos usuários que participarão da avaliação. Neste momento, também é criado o material de apoio, composto por um termo de consentimento (para que os usuários forneçam o seu consentimento voluntário para participar do teste de usabilidade), questionários pré-teste (para obter informações relevantes sobre os participantes, como experiência com tecnologia e características pessoais), questionários pós-teste (para coletar informações sobre a opinião e sentimentos dos participantes ao utilizar o sistema testado), instruções e cenários (para orientar os participantes sobre a interface e as tarefas a serem executadas) e um roteiro de acompanhamento da observação (para definir quais dados serão coletados durante a execução dos testes). Por último, o ambiente de teste é preparado e configurado, sendo fundamental a realização de um teste piloto para avaliar o ambiente, o planejamento e o material de apoio.

Na fase de coleta de dados, os avaliadores apresentam o sistema a ser testado e explicam os objetivos do estudo aos participantes. Em seguida, os participantes assinam o termo de consentimento e respondem ao questionário pré-teste. A observação é iniciada, com os participantes executando as tarefas pré-estabelecidas (definidas na etapa de preparação) e os avaliadores coletando dados relevantes, como erros cometidos e tempo de execução das tarefas. Após a conclusão das tarefas, os participantes preenchem o questionário pós-teste.

Na fase de interpretação, os avaliadores analisam individualmente os dados coletados, seguindo o método de avaliação escolhido previamente. Cada método de avaliação direciona o foco da análise, como o método heurístico, que se concentra nas heurísticas, ou o método de avaliação de comunicabilidade, que analisa problemas de comunicação.

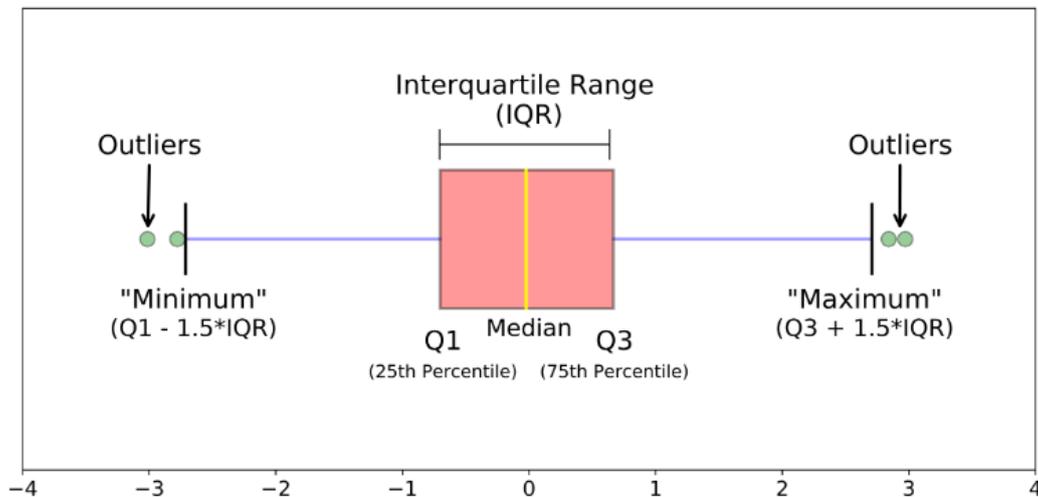
Na etapa de consolidação e relato dos resultados, os dados são analisados em conjunto, buscando identificar padrões comuns entre os participantes. Os resultados obtidos devem descrever os objetivos da avaliação, oferecer uma breve explicação sobre o método de teste de usabilidade utilizado, apresentar o número e perfil dos participantes, detalhar as tarefas realizadas por eles, incluir tabelas e gráficos que resumem as medições realizadas e enumerar os problemas identificados.

2.8 Gráfico Box-Plot

Estes tipo de gráfico têm o propósito de oferecer uma representação visual concisa e informativa da distribuição dos dados. Sua estrutura é composta pelos seguintes elementos:

1. **Caixa (Box)** : Representa o intervalo interquartil (IQR), que é a faixa que contém a maioria dos dados. A extremidade inferior da caixa marca o primeiro quartil (Q1), enquanto a extremidade superior marca o terceiro quartil (Q3). A linha dentro da caixa representa a mediana (Q2).
2. **Hastes (Whiskers)** : As hastes, ou "whiskers", estendem-se a partir das extremidades da caixa até os valores extremos, sendo que neste trabalho foi utilizado 1,5 vezes o IQR. Valores fora dessa distância são considerados outliers.
3. **Outliers** : Pontos individuais fora das hastes são identificados como outliers e podem indicar valores atípicos no conjunto de dados.

Figura 2.10: Partes de um gráfico Box Plot (GALARNYK, 2019).



2.9 Controle de Pátios

O sistema de Controle de Pátios oferece ao usuário uma visão abrangente do pátio, apresentando todas as suas localizações (Linha, Trem, Terminal e Oficina), bem como todos os veículos alocados. A interface exibe a quantidade total de trens (composição formada por vagões e locomotivas), locomotivas e vagões. Para os vagões, são detalhados tanto o total na localidade quanto a quantidade por tipo.

Para visualizar os veículos (vagões e/ou locomotivas) posicionados em uma localização específica ou a composição de um trem particular, o usuário deve clicar no nome da localização desejada (Linha, Trem, Terminal ou Oficina). Ao realizar essa ação, será apresentada uma tela contendo a lista de todos os veículos alocados nessa localidade. Essa lista de veículos fornece informações visuais (por meio de imagens) indicando se é uma locomotiva ou vagão, detalhando a condição (Verde = Bom, Amarelo = Com Restrição, Vermelho = Avariado), a posição, o número identificador, o tipo e se está carregado (C) ou vazio (V).

Tipo	Nome	Trem	Locos	Vagões	Fechado	Hopper	Gôndola	Plataforma	Tanque	Veic. Via
Linha	L1	4	3	53		53				
Linha	L2		2	51		45	3		3	
Linha	L3			81	1	80				
Oficina	O1									
Oficina	O2									
Terminal	T1									
Trem	TREM1			50	10		40			
Trem	TREM2		2	10	3	5	2			
Trem	TREM4									
Trem	TREM5		3	81		81				

Figura 2.11: Representação do sistema Controle de Pátios. Fonte: Autoria própria

Além dessas informações, o sistema possibilita alteração da posição de um veículo em sua localização atual e anexação e remoção de um ou mais veículos da composição de um trem.

2.9.1 Alteração da posição de um veículo em sua atual localização

O sistema permite, por meio da Lista de Veículos, a alteração da posição de um veículo. Para realizar a operação, o usuário seleciona um veículo na lista e, com auxílio do mouse, arrasta o veículo até a posição desejada.

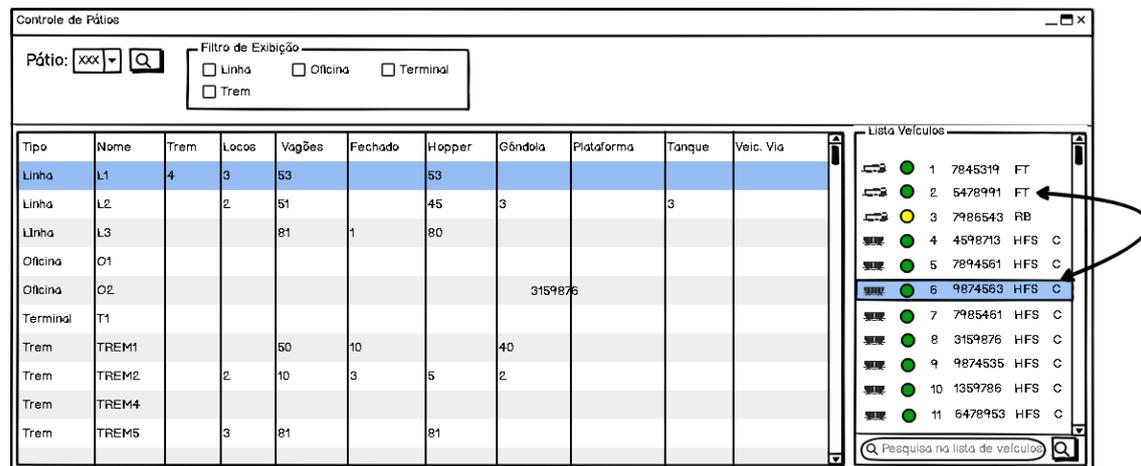


Figura 2.12: Alteração da posição dos veículos 9874563 e 5478991. Fonte: Autoria própria

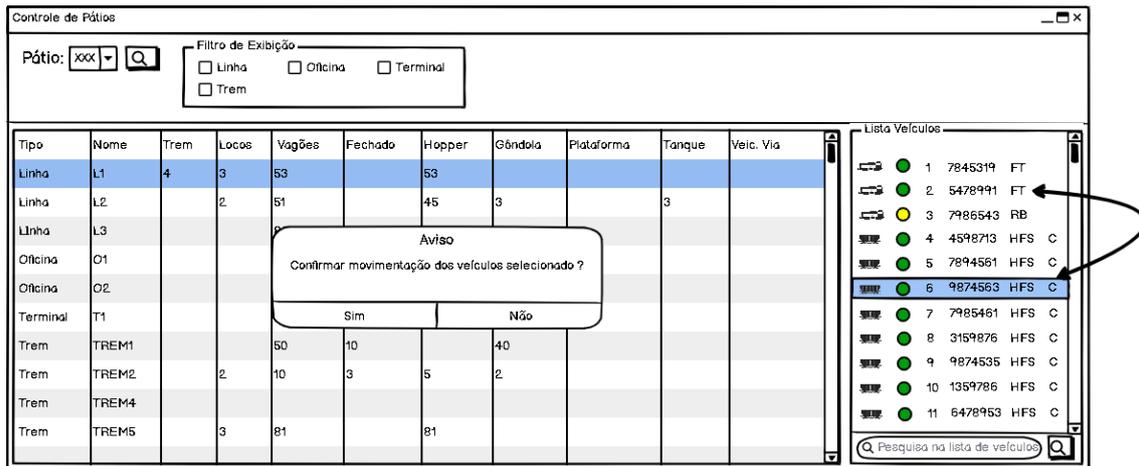


Figura 2.13: Confirmar alteração da posição dos veículos 9874563 e 5478991.

Fonte: Autoria própria

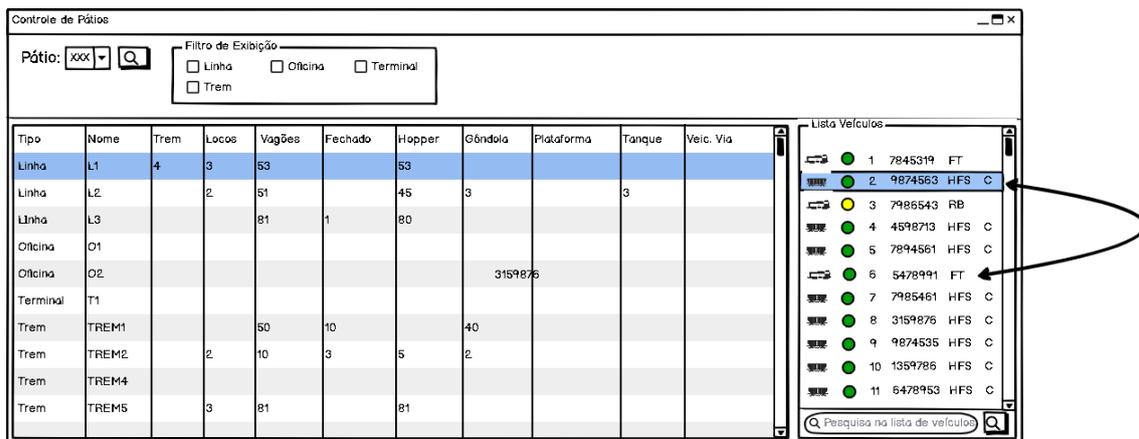


Figura 2.14: Veículos 9874563 na nova posição 2 e veículo 5478991 na nova posição 6.

Fonte: Autoria própria

2.9.2 Retirar um ou mais veículos da composição de um Trem

Basta selecionar um trem na Grade Principal e, em seguida, escolher um ou mais veículos (locomotivas e/ou vagões) na Lista de Veículos da aplicação e arrastá-los para um tipo de localização na Grade Principal.

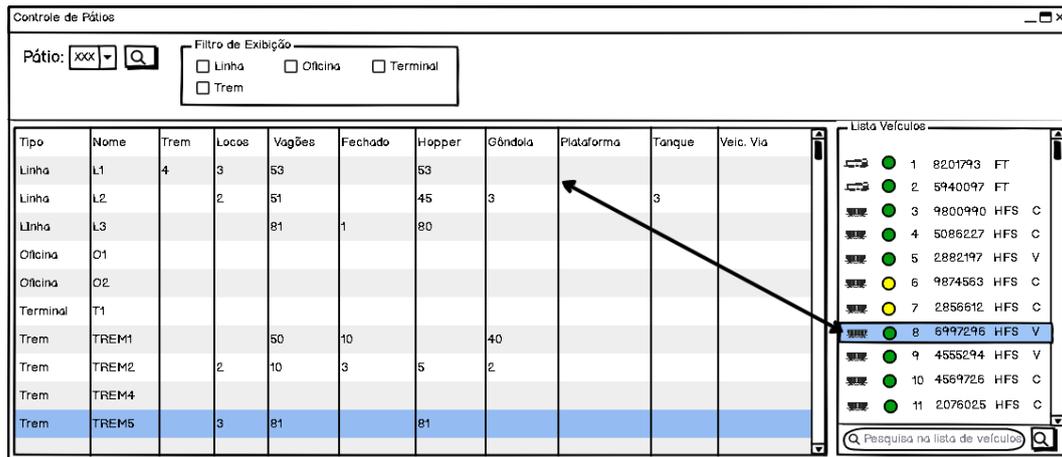


Figura 2.15: Veiculo 6997296, localizado no TREM5, movimentado para à L1.

Fonte: Autoria própria

Controle de Pátios

Pátio

Anexar/Retirar Veículos

Origem: Tipo Nome Destino: Tipo Nome

Tipo	Sequência	Identificador	Tipo	Condição	Lotação
Linha	47				
Linha	48				
Linha	49				
Oficina	50				
Oficina	51	7787640	HFB	RESTRIÇÃO	VAZIO
Terminal	52	8950443	HFB	AVARIADO	VAZIO

Posição destino do veículo movimentado:

Execução

Atividade: Início: Observação: Fim:

Lista Veículos

1	8201793	FT
2	5940097	FT
3	9800990	HFS C
4	5086227	HFS C
5	2882197	HFS V
6	9874563	HFS C
7	2856612	HFS C
8	6997296	HFS V
9	4558294	HFS V
10	4569726	HFS C
11	2076025	HFS C

Q Pesquisa na lista de veículos

Figura 2.16: Confirmar posição no destino. Fonte: Autoria própria

Controle de Pátios

Pátio

Anexar/Retirar Veículos

Origem: Tipo Nome Destino: Tipo Nome

Tipo	Sequência	Identificador	Tipo	Condição	Lotação
Linha	49	1061458	HFB	BOM	VAZIO
Linha	50	4284476	HFB	AVARIADO	VAZIO
Linha	51	9371387	HFB	BOM	CARREGADO
Oficina	52	1296148	HFB	BOM	VAZIO
Oficina	53	7787640	HFB	RESTRIÇÃO	VAZIO
Terminal	54	6997296	HFB	BOM	VAZIO

Execução

Atividade: Início: Observação: Fim:

Lista Veículos

1	8201793	FT
2	5940097	FT
3	9800990	HFS C
4	5086227	HFS C
5	2882197	HFS V
6	9874563	HFS C
7	2856612	HFS C
8	6997296	HFS V
9	4558294	HFS V
10	4569726	HFS C
11	2076025	HFS C

Q Pesquisa na lista de veículos

Figura 2.17: Confirmar movimentação do veículo 6997296 para à L1. Fonte: Autoria própria

Tipo	Nome	Trem	Locos	Vagões	Fechado	Hopper	Gôndola	Plataforma	Tanque	Veic. Via
Linha	L1	4	3	54		54				
Linha	L2		2	51		45	3		3	
Linha	L3			81	1	80				
Oficina	O1									
Oficina	O2									
Terminal	T1									
Trem	TREM1			50	10		40			
Trem	TREM2		2	10	3	5	2			
Trem	TREM4									
Trem	TREM5		3	81		81				

Ícone	Id	Identificador	Letra
●	1	7845319 FT	
●	2	5478991 FT	
●	3	7986543 RB	
●	4	4598713 HFS	C
●	5	7894561 HFS	C
●	6	9874563 HFS	C
●	7	7985461 HFS	C
●	8	3159876 HFS	C
●	9	9874535 HFS	C
●	10	1359786 HFS	C
●	11	6478953 HFS	C

Figura 2.18: Atualização da grid principal. Fonte: Autoria própria

2.10 Análise das Considerações Finais

Neste capítulo, são delineadas as características e conceitos do *design* da Interação Humano-Computador (IHC), abordando os diversos estilos de interação, como linguagem natural, menus, formulários e manipulação direta, presentes em sistemas computacionais. Além disso, discutem-se as atividades que devem ser consideradas na concepção de sistemas interativos. São apresentados conceitos que, aliados à teoria de IHC da Engenharia Cognitiva, viabilizam a criação de sistemas com designs que proporcionam uma experiência de uso agradável aos usuários. O sistema Controle de Pátios também é introduzido, destacando suas funcionalidades e interface.

3 Trabalhos relacionados

Os estudos vinculados de maneira direta ou indireta às propostas neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), juntamente com as fontes de dados empregadas, a estratégia adotada para a localização dessas obras e uma tabela comparativa são abordados neste capítulo. A busca por trabalhos relacionados foi conduzido em conformidade com os métodos prescritos por Kitchenham, Budgen e Brereton (2015).

3.1 Planejamento

Abaixo serão listadas as questões de pesquisa, assim como suas justificativas.

- **Q1:** Quais métodos de avaliação de IHC são realizados em uma comparação de estilos de interação? Justificativa: Compreender como os testes são realizados e identificar as métricas mais relevantes.
- **Q2:** Quais gráficos são utilizados para apresentação dos dados coletados ? Justificativa: Compreender os cálculos e as formas de exibição utilizadas para apresentar os resultados dos testes.
- **Q3:** Quais tarefas são criadas para a execução dos testes? Justificativa: Obter informações sobre os exercícios que devem ser executados pelos participantes para obter os dados de pesquisa do estudo.
- **Q4:** Quantos participantes são usados na execução dos testes? Justifica-

tiva: Tentar obter uma comparação entre os trabalhos para verificar quantos participantes são recrutados para a realização dos testes.

Para a obtenção dos estudos pertinentes a este trabalho, foram estabelecidas duas cadeias de pesquisa utilizando as seguintes palavras-chave: (i) “referência a estilo de interação”, com o objetivo de recuperar o máximo de trabalhos relevantes, e (ii) “manipulação direta”, para restringir a literatura àquela que aborda especificamente este estilo de interação. Além das palavras-chave mencionadas, deliberou-se evitar termos genéricos nas buscas, como, por exemplo, “manipulação”, a fim de prevenir resultados que não se enquadram na área de pesquisa. Expressões excessivamente específicas, como “Teste de usabilidade para sistemas com o estilo de interação manipulação direta”, foram descartadas devido à frequente ausência de retornos ou à sua relevância limitada. Diante disso, a palavra de pesquisa final foi delimitada como “estilo de interação manipulação direta”.

Os trabalhos utilizados foram extraídos das bases de dados IEEE Xplore, ScienceDirect e ACM Digital Library. A opção por bases internacionais foi motivada pela capacidade de acesso a uma ampla gama de trabalhos, sendo que os resultados mais relevantes para o tema de pesquisa foram identificados na ACM Digital Library. Para que um estudo fosse considerado, foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE):

- **CI:** O estudo não foi escrito em inglês ou português;
- **CI:** O estudo não fornece informações detalhadas de como os testes foram realizado;

- **CA:** O estudo aborda o estilo de interação manipulação direta;
- **CA:** O estudo realiza testes e/ou comparações envolvendo sistemas que possuem estilo de interação por manipulação direta;

3.2 Conduzindo a pesquisa

A pesquisa foi conduzida ao longo do mês de setembro de 2022, considerando títulos, resumos e palavras-chave durante as buscas. Após a aplicação dos critérios de seleção, foram identificados e escolhidos 25 estudos. Em uma segunda triagem, realizada com a orientação do supervisor deste trabalho de conclusão de curso, foram selecionadas as quatro obras consideradas mais relevantes. Para apoiar essas escolhas, utilizou-se o sistema Qualis com o intuito de obter o extrato CAPES das conferências.

3.3 Extração, análise e síntese de dados

Nesta seção serão expostas as obras selecionadas após as triagens realizadas, conforme mencionado. É relevante ressaltar que, dos quatro trabalhos escolhidos, dois conduzem estudos comparativos entre estilos de manipulação direta e outros estilos, enquanto os outros dois apresentam novos sistemas que empregam o estilo de interação por manipulação direta.

3.3.1 Estudos Comparativos entre Estilos de Interação

A pesquisa realizada por Adam, Daoud e Frison (2019) propõe uma análise comparativa entre dois modos distintos de programação: o baseado em texto e a

manipulação direta. Este estudo visa abordar duas questões essenciais: a eficácia da manipulação direta em comparação com a abordagem textual e as vantagens e desvantagens associadas ao uso da manipulação direta.

No experimento deste estudo, foram empregados conceitos fundamentais da linguagem de programação Python, como variáveis, atribuições, estruturas condicionais, interação e manipulação de matrizes. Além disso, foram utilizadas ferramentas específicas, o Python Tutor e o AlgoTouch.

O Python Tutor configura-se como um editor/visualizador fundamentado em texto, proporcionando uma representação visual da execução do programa de forma sequencial, linha por linha (Figura 3.1). Por outro lado, o AlgoTouch (Figura 3.2) adota uma abordagem de manipulação direta, onde o desenvolvedor, por meio de comandos simplificados, como o gesto intuitivo de arrastar e soltar, consegue manipular elementos de programação, incluindo variáveis, *arrays* e índices.

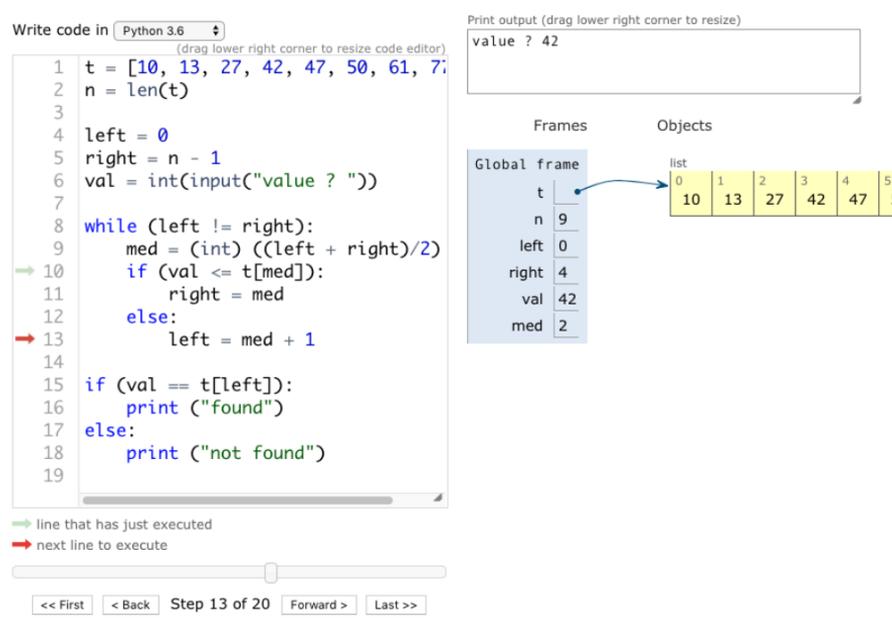


Figura 3.1: Exemplo do Python Tutor (ADAM; DAOUD; FRISON, 2019).

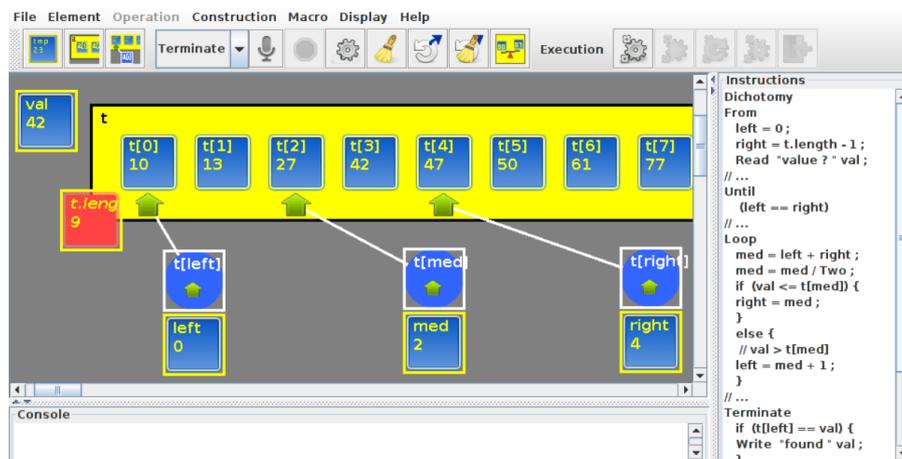


Figura 3.2: Exemplo do AlgoTouch (ADAM; DAOUD; FRISON, 2019).

Os participantes tiveram que realizar nove atividades práticas, das quais as

quatro primeiras abrangiam conceitos fundamentais de computação, como variáveis, atribuições, operações aritméticas, estruturas condicionais, entrada e saída. As cinco atividades subsequentes diziam respeito a interações, envolvendo inicialmente variáveis simples e, posteriormente, operações em *arrays*.

Os resultados provenientes da análise das respostas dos participantes às atividades propostas estão detalhados na Figura 3.3. As tarefas avaliadas foram categorizadas da seguinte forma: “feitas” (indicando que o aluno concluiu o exercício, embora não necessariamente de maneira correta), “meta” (denotando que os objetivos foram atingidos, mas o programa pode não estar operacional) e “correto” (representando que o programa está funcionando adequadamente e atende às especificações). A Taxa 1 (“Rate 1”) leva em consideração o total de exercícios realizados em relação ao número total de tarefas e participantes. A Taxa 2 (“Rate 2”) representa o total de exercícios entregues, considerando a Taxa 1.

Tool	AlgoTouch			Python Tutor		
Students	27			27		
Ex	Done	Goal	Correct	Done	Goal	Correct
Ex1	27	27	27	27	23	23
Ex2	26	25	24	27	27	26
Ex3	27	24	24	27	27	23
Ex4	24	22	14	26	24	24
Ex5	23	23	23	26	18	18
Ex6	19	18	11	17	13	9
Ex7	23	20	18	24	21	21
Ex8	20	17	12	21	18	8
Ex9	12	10	10	19	6	6
Total	201	186	163	214	177	158
Rate 1	82,72%	76,54%	67,08%	88,07%	72,84%	65,02%
Rate 2		92,54%	81,09%		82,71%	73,83%

Figura 3.3: Resultado dos exercícios propostos (ADAM; DAOUD; FRISON, 2019).

Conforme destacado pelo autor, apesar da realização dos testes em uma amostragem reduzida (2 grupos com 27 participantes), observou-se que os alunos demonstraram certa facilidade em aprender a utilizar o Python Tutor, resultando em uma maior quantidade de exercícios realizados. Entretanto, os resultados obtidos não se mostraram tão promissores quanto os do AlgoTouch, quando considerada a porcentagem de exercícios que atingiram as metas e estavam corretos. Para Adam, Daoud e Frison (2019), esses resultados sugerem que a abordagem de manipulação direta favorece o desenvolvimento de programas envolvendo interações por manipulação direta.

No trabalho de Hahn e Wimmer (2019), é apresentada uma proposta de tarefa de classificação de imagens com o intuito de comparar distintos estilos de

interação e métodos de entrada. Foi realizado um estudo no qual 22 participantes foram designados para categorizar (conforme mostrado na Figura 3.4) 27 imagens, utilizando três estilos de interação e modalidades de entrada diversas (ver Figura 3.5).



Figura 3.4: Categorias das imagens : cidade, férias, comida, animal de estimação, captura de tela (da esquerda para a direita) (HAHN; WIMMER, 2019).

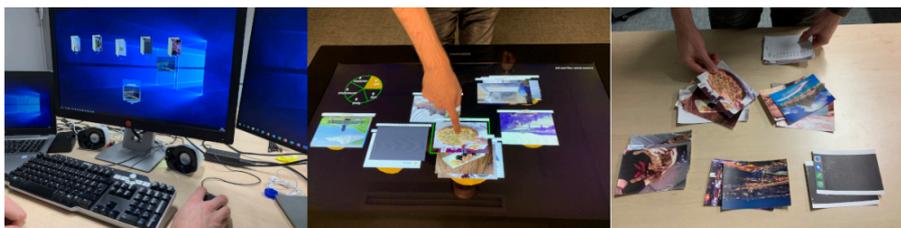


Figura 3.5: Métodos de entrada: computador desktop, mesa interativa e processo físico (HAHN; WIMMER, 2019).

Nos testes, os participantes foram observados para documentar suas estratégias de classificação e seu comportamento ao cometer e corrigir erros. Além disso, informações como o tempo necessário e os erros ocorridos no processo de classificação das imagens são registradas.

Dos 22 participantes no experimento, 16 eram do sexo masculino e 6 do sexo feminino, apresentando uma variação de idade entre 19 e 56 anos. O experimento foi conduzido em um ambiente controlado e repetido em duas ocasiões distintas. Os resultados obtidos podem ser observados nas Figuras 3.6 e 3.7.

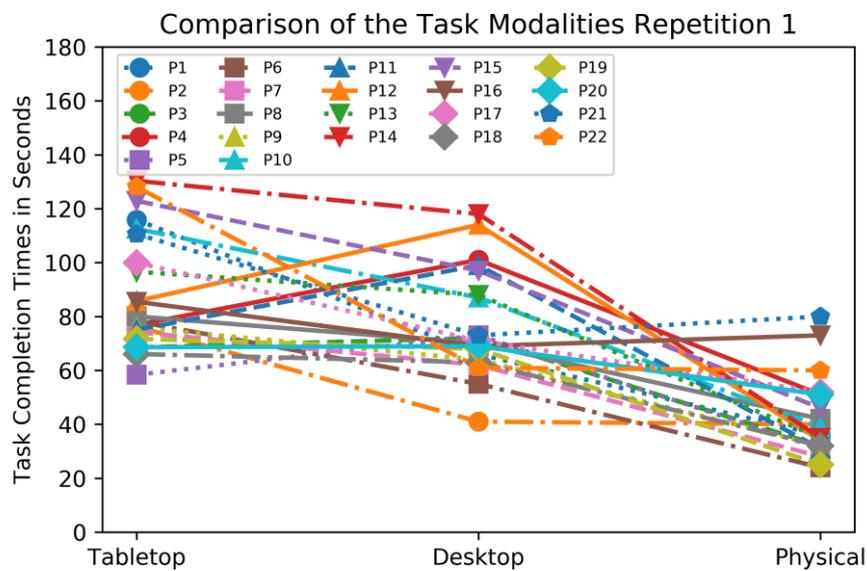


Figura 3.6: Comparação das modalidades de tarefas para Repetição 1 (HAHN; WIMMER, 2019).

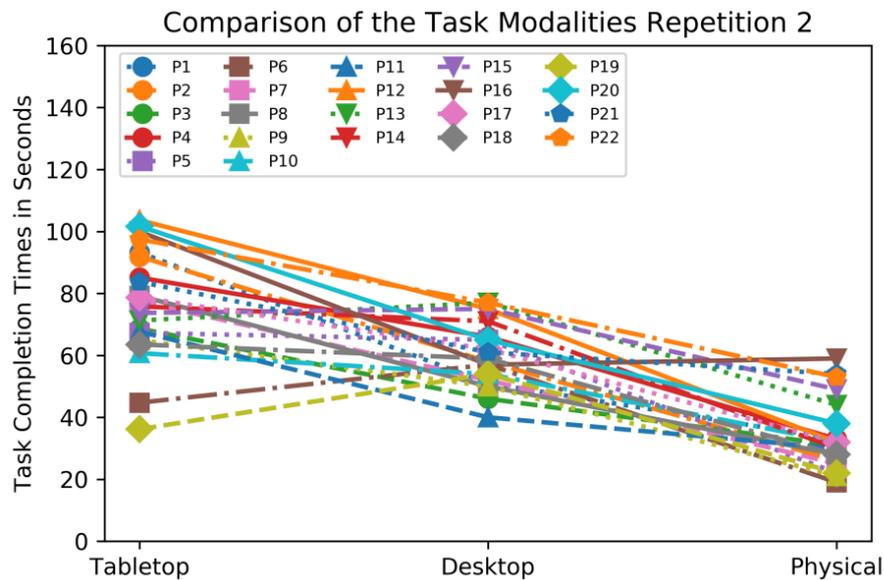


Figura 3.7: Comparação das modalidades de tarefas para Repetição 2 (HAHN; WIMMER, 2019).

Os gráficos apresentados exibem os intervalos, em segundos, dedicados por cada um dos 22 participantes à tarefa de agrupar imagens, utilizando as diferentes entradas disponíveis: computador desktop, mesa interativa e processo físico. Cada participante é simbolizado por uma forma geométrica, conforme demonstrado na legenda.

Com base nos resultados do trabalho, o autor apresentou as seguintes conclusões:

- A triagem física é significativamente mais rápida do que a realizada no *desktop*;
- A classificação realizada no *desktop* não é significativamente mais rápida do que a realizada na mesa interativa;

- A classificação física é significativamente melhor do que a usada na mesa interativa;

3.3.1.1 Novos sistemas que empregam o estilo de interação por manipulação direta

Os autores do trabalho Carrillo e Falgueras (2015) realizaram um teste comparativo entre os estilos de interação por Manipulação Direta e Orientada por Objetivo. Os testes realizados neste trabalho consistem em criar um design e mobiliar uma cozinha. Para tal tarefa, foram disponibilizados dois sistemas desenvolvidos em Java, sendo um com foco no estilo de Interação por Manipulação Direta (Figura 3.8) e o outro na Interação Orientada por Objetivo (3.9). Vale lembrar que ambos oferecem as mesmas funcionalidades.

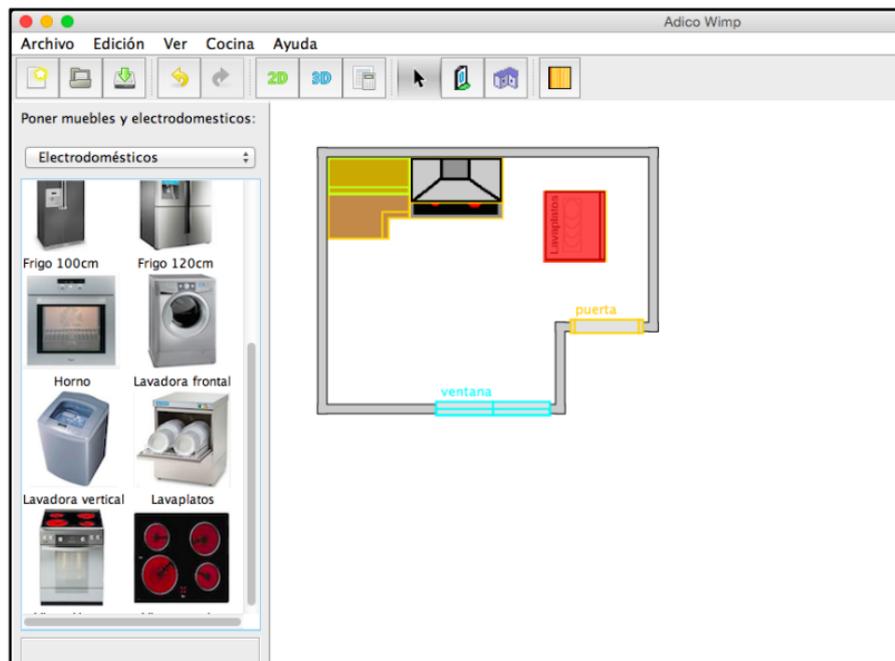


Figura 3.8: Estilo de interação de Manipulação Direta (CARRILLO; FALGUERAS, 2015).

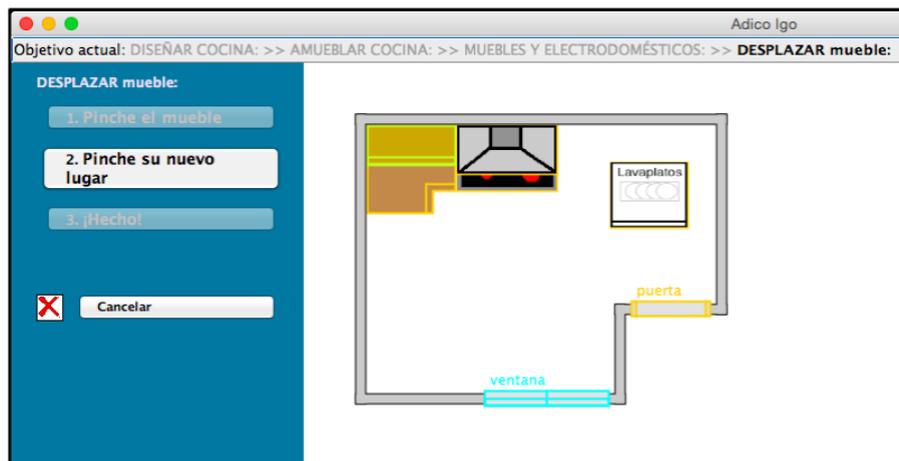


Figura 3.9: Estilo de interação de Interação Orienta por Objetivo (CARRILLO; FALGUERAS, 2015).

Os experimentos envolveram a participação de oito pessoas, sendo que quatro apresentavam inexperiência em relação ao manuseio de computadores e softwares de design, dois possuíam habilidades intermediárias em computação e conhecimentos limitados em softwares de design, enquanto outros dois eram profissionais especializados em design, com familiaridade no uso de aplicações específicas para essa finalidade. A faixa etária dos participantes abrangeu de 10 a 65 anos, com uma média de 45 anos.

Cada participante foi instruído a realizar as mesmas tarefas em ambos os sistemas avaliados. Os dados obtidos abrangem aspectos quantitativos, como durações de tempo, número de problemas de assistência e quantidade de erros, além de aspectos qualitativos. Foram coletadas respostas por meio de questionários preenchidos após a conclusão dos testes. Os testes foram conduzidos individualmente em um ambiente controlado, com moderadores acompanhando os participantes. A

duração média de cada sessão, por usuário, variou entre 45 e 75 minutos. Para registro visual, uma câmera foi posicionada ao lado dos usuários, enquanto um software gravava a tela do computador durante as atividades.

A Figura 3.10 apresenta os resultados derivados da análise dos testes realizados. Na primeira coluna, são apresentadas informações relacionadas ao nível de experiência do usuário com computadores e/ou softwares de design, categorizados como inexperientes, intermediários e profissionais de design de cozinhas. A segunda coluna aborda os detalhes sobre o estilo de interação testado, nomeadamente GDI - Interação Orientada por Objetivo e WIMP - Interação por Manipulação Direta. As colunas “Task 1 Time”, “Task 2 Time” e “Task 3 Time” refletem a duração para a execução de cada uma das três tarefas, enquanto a coluna “Total Time” apresenta a soma do tempo total empregado nos testes. A última coluna da tabela especifica o tipo e a quantidade de incidências, classificadas como 1 - leve, 2 - sem travamento e 3 - grave ou com travamento. Incidências da categoria 3 são as mais críticas, impedindo a continuidade dos testes; a categoria 2 indica erros que impactam de alguma forma nos resultados finais, enquanto as incidências da categoria 1 são as menos graves e podem ser solucionadas pelos próprios usuários.

User / (category)	Evaluation order	Task 1 Time	Task 2 Time	Task 3 Time	Total Time		Incidences		
							Slight	Non-locking	Locking
USER 7 (inexperienced)	GDI	6:20	9:20	8:11	23:51	✓		1	
	WIMP	14:23	11:26	11:32	37:21 (∞)			1	2
USER 2 (inexperienced)	WIMP	7:05	11:30	7:00	25:35 (∞)			3	3
	GDI	5:30	7:00	3:30	16:02	✓			
USER 6 (inexperienced)	GDI	6:11	8:07	6:17	20:35	✓			
	WIMP	4:40	5:18	17:55	27:53			3	
USER 4 (inexperienced)	WIMP	9:50	13:20	12:50	36:00 (∞)	∞	2	2	3
	GDI	8:30	4:40	4:46	17:56	✓			
USER 1 (intermediate)	GDI	2:45	3:35	2:30	8:50	✓	1		
	WIMP	2:30	2:36	4:14	9:20			3	
USER 5 (intermediate)	WIMP	4:10	4:05	6:45	15:01		1	2	
	GDI	2:53	4:07	4:10	11:10	✓		1	
USER 3 (kitchen design professional)	GDI	2:30	4:15	1:45	8:30	✓			
	WIMP	5:55	1:50	2:00	9:45		1	2	
USER 8 (kitchen design professional)	WIMP	4:34	3:40	3:53	12:07				
	GDI	2:18	2:16	3:23	7:57	✓			

Figura 3.10: Resultados obtidos (CARRILLO; FALGUERAS, 2015)

Conforme evidenciado pelo estudo de Carrillo e Falgueras (2015), os resultados obtidos nos testes sugerem que o estilo de interação Orientado por Objetivo é mais eficiente em termos de tempo e requer menos intervenção por parte dos moderadores. Os questionários revelam que tanto usuários experientes quanto iniciantes demonstram preferência pela interação Orientada por Objetivo. No entanto, devido à amostragem limitada, seria precipitado concluir qual estilo de interação obteve os melhores resultados.

A proposta do estudo de Vuillemot e Perin (2016) consiste em conceber uma interface destinada a facilitar a previsão de resultados e pontuações em torneios de futebol. Foram identificados 27 sites dedicados a apostas esportivas, sendo

que 15 eram exclusivamente dedicados ao futebol e 12 a apostas de esportes em geral. A maioria dos sites analisados utilizava *widgets* HTML, como caixas de seleção, listas suspensas e caixas de texto, para a entrada das informações de previsões. Após a análise, foi elaborado um conjunto de critérios de design para o novo sistema:

1. Permitir previsões parciais;
2. Permitir que os usuários preencham as pontuações, número de gols e o resultado dos jogos;
3. Permitir que os usuários preencham a previsão de vários pontos de entrada, não necessariamente começando com os primeiros jogos do torneio;
4. Qualquer ação ou toda a previsão pode ser revertida ao seu estado anterior ou inicial em caso de erros ou mudança de opinião;
5. Mostrar a estrutura, como as regras do torneio, para permitir que os usuários saibam a conexão e as dependências entre cada rodada;
6. Mostrar dicas visuais para informar aos usuários o que e como eles podem interagir com elementos gráficos na tela.

O novo sistema tem como premissa ser de fácil uso e aprendizado, permitindo que os usuários se concentrem no processo mental da previsão dos jogos. A interface fornece uma visão geral de todos os resultados possíveis para as equipes, tornando a estrutura do torneio visível e informando o possível caminho de uma equipe na competição (Figura 3.11). Vale lembrar que os usuários podem

escolher as equipes vencedoras ou semifinalistas, ou seja, é possível realizar um preenchimento não linear. A interação principal do sistema consiste em 3 etapas:

1. O usuário escolhe uma equipe clicando em seu símbolo e arrasta para os colchetes.
2. À medida que o emblema é arrastado, uma linha de dica indica em quais fases do torneio a equipe pode ser inserida.
3. Para realizar uma previsão, o usuário solta o botão do mouse para interromper o arraste do distintivo da equipe, que é então fixado no colchete mais próximo ao qual pode ser vinculado.

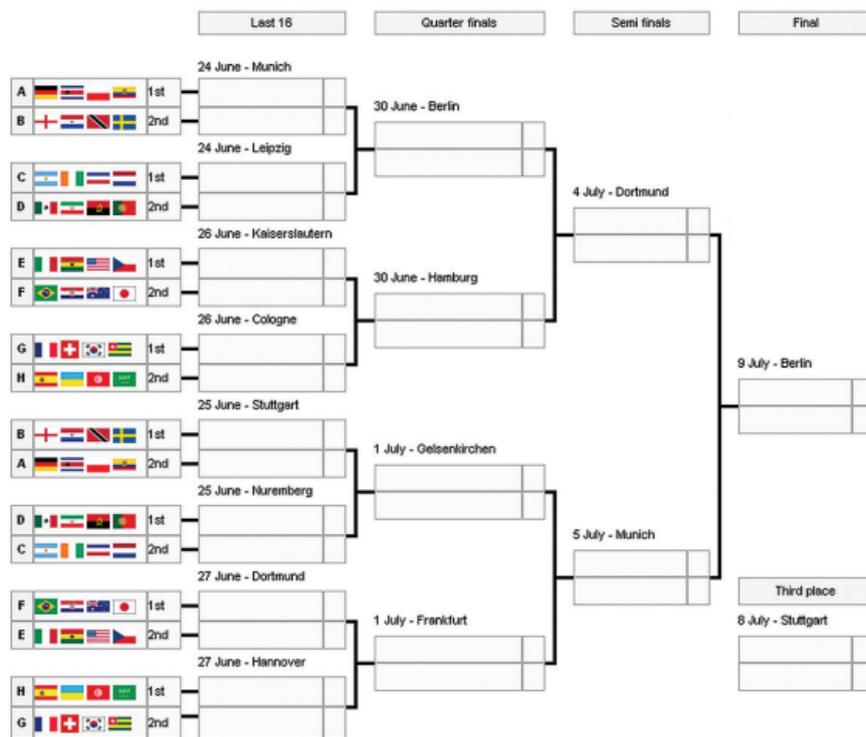


Figura 3.11: Exemplo de uma configuração de torneio de futebol (VUILLEMOT; PERIN, 2016).

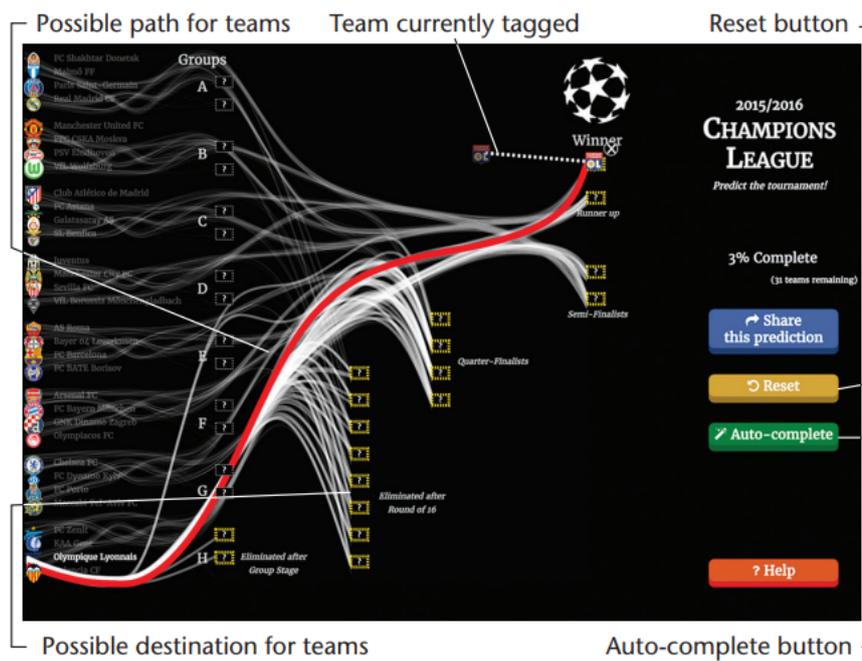


Figura 3.12: Captura de tela da interface. O plano de fundo exibe possíveis trajetórias para as equipes, e a interface inclui um botão de ação, como um botão de reinicialização que permite aos usuários recomeçarem e um botão de preenchimento automático para automatizar o preenchimento da tabela (VUILLEMOT; PERIN, 2016).

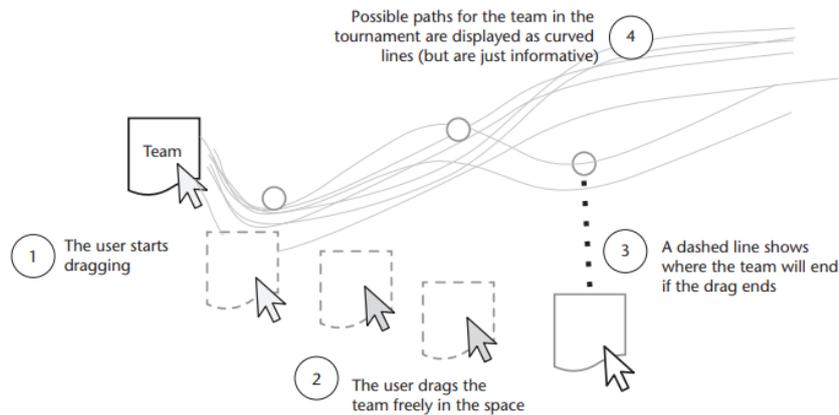


Figura 3.13: Etapas principais para usar a interface. Os usuários podem fazer uma previsão para uma única equipe por vez (VUILLEMOT; PERIN, 2016).

O sistema disponibilizado para utilização na *web* empregava mecanismos de registro (*log*) para avaliar a interação dos usuários com o sistema. Importante notar que a captura de dados não interferia de maneira alguma na interação do usuário com o sistema.

Dos registros gerados por 4.739 visitantes, totalizando 519.129 registros de interação, foram excluídas as sessões com duração inferior a 1 segundo e superior a 45 minutos, além daquelas com menos de cinco interações. Como resultado, restaram 3.029 visitantes e 504.307 interações. O foco do estudo foi direcionado ao grupo que completou a previsão de todos os jogos, composto por 1.653 visitantes, representando 54,5% do total de visitantes considerados.

Após a análise dos dados, segundo o autor, observou-se que a utilização da manipulação direta em sistemas de previsão apresentou resultados favoráveis, destacando-se pelos *feedbacks* positivos dos usuários. Ao examinar os *feedbacks* negativos, identificou-se a necessidade de fornecer mais tutoriais na interface, visando

facilitar a compreensão do sistema e, dessa forma, prevenir possíveis frustrações por parte dos usuários.

3.3.2 Análise dos trabalhos relacionados

Nas Tabelas 3.1 e 3.2, é apresentada uma comparação das características fundamentais de obras que servem como referência para o presente estudo. Na primeira coluna estão os trabalhos abordados neste capítulo. Na segunda coluna, é indicado se o trabalho inclui uma comparação entre estilos de interação. Na terceira coluna, é especificado se o estudo envolve a elaboração de um sistema. Na quarta coluna, é indicado se os testes realizados no trabalho são facilmente escalonáveis. Na quinta coluna, é indicado se os testes foram conduzidos em um ambiente controlado, como, por exemplo, em um laboratório. Por fim, na última coluna, é verificado se os testes realizados nos estudos foram conduzidos em uma amostragem extensa de participantes.

Tabela 3.1: Diferença entre os trabalhos analisados. Fonte: Autoria própria

Trabalho	Comparativo	Criação sistemas	Escalabilidade
(ADAM; DAOUD; FRISON, 2019)	X		
(HAHN; WIMMER, 2019)	X		
(CARRILLO; FALGUERAS, 2015)	X	X	
(VUILLEMOT; PERIN, 2016)		X	X

Tabela 3.2: Diferença entre os trabalhos analisados. Fonte: Autoria própria

Trabalho	Ambiente Controlado	Amostragem elevada
(ADAM; DAOUD; FRISON, 2019)	X	
(HAHN; WIMMER, 2019)	X	
(CARRILLO; FALGUERAS, 2015)	X	
(VUILLEMOT; PERIN, 2016)		X

4 Metodologia

Neste capítulo, são detalhadas as atividades fundamentais para a condução deste projeto de conclusão de curso. Este trabalho abrange o redesenho do sistema de gestão de pátios, intitulado “Controle de Pátios”, de uma empresa de logística ferroviária brasileira, bem como a realização de um estudo empírico destinado à avaliação de usabilidade do novo sistema desenvolvido. A metodologia adotada foi subdividida em três fases distintas: análise, projeto da intervenção e avaliação da interação.

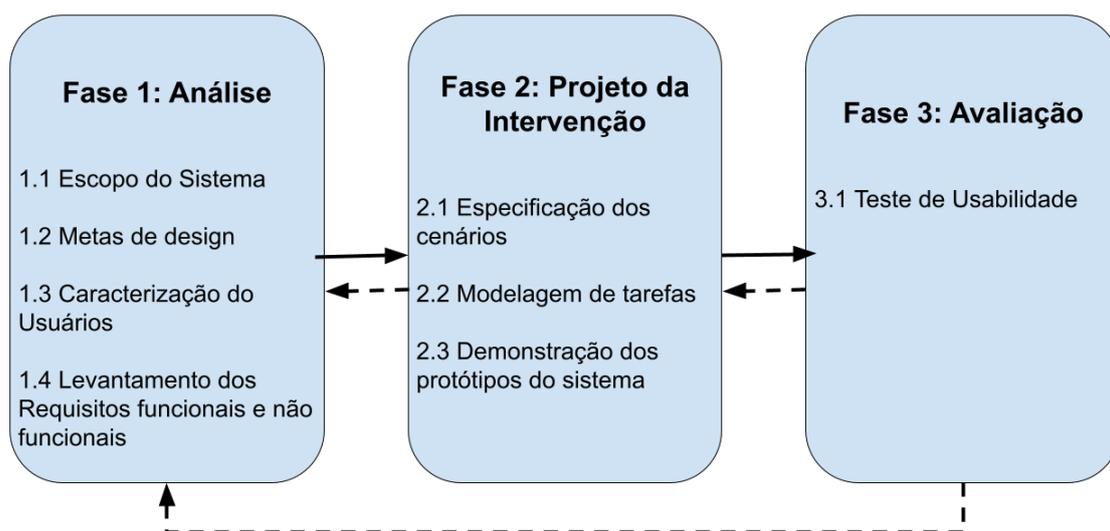


Figura 4.1: Fases do Ciclo de Desenvolvimento do Aplicativo. Fonte: Autoria Própria

Durante a fase de análise, foram conduzidas reuniões com representantes dos *stakeholders* do sistema para coletar informações essenciais, como a definição do escopo e metas de design, caracterização dos usuários e levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais. Esses dados são fundamentais para a compreensão e o desenvolvimento de uma solução para os desafios apresentados no Capítulo 1.

Na segunda fase, serão delineados os passos adotados para desenvolver um novo design, visando resolver as questões relatadas pelos colaboradores durante a utilização do sistema Controle de Pátios. Cenários serão elaborados para apoiar o desenvolvimento de funcionalidades, proporcionando uma compreensão clara e respondendo a questionamentos específicos. A modelagem de tarefas, utilizando a abordagem da Engenharia Cognitiva, será representada por uma árvore ternária, hierarquizando objetivos e ações necessárias. A prototipagem, fundamental para receber *feedbacks* dos usuários finais, foi realizada com protótipos de baixo e alto nível.

Na fase de avaliação, será conduzido um estudo empírico utilizando o método de Teste de Usabilidade para avaliar os aspectos de usabilidade tanto no sistema Controle de Pátios quanto no novo sistema desenvolvido.

4.1 Análise

Nesta etapa, são levantados dados que auxiliam no conhecimento e no desenvolvimento de uma solução para o problema apresentado na seção 1.2. As informações foram coletadas por meio da realização de diversas atividades, tais como a definição do escopo e das metas de design do sistema, caracterização dos usuários e

levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais.

4.1.1 Escopo do sistema

Dado o caráter altamente crítico do sistema de Controle de Pátios dentro da estrutura da empresa e sua extensa gama de funcionalidades, que não foram desenvolvidas no Gráfico de controle de Pátios (GCP) devido às restrições temporais, optou-se pela criação de uma nova interface. A elaboração da nova interface visa proporcionar uma perspectiva estratégica do pátio ferroviário. Essa nova interface deve permitir a utilização de algumas funcionalidades do atual sistema Controle de Pátios e busca mitigar problemas de usabilidade levantados pelos usuários no sistema atual.

4.1.2 Metas de design

As metas de design estabelecidas para o sistema desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso estão centradas nos critérios de usabilidade. São acompanhadas por indicadores que abrangem a taxa de erros, o tempo e o número de cliques necessários para realizar as tarefas no sistema, como anexar vagões e locomotivas em trens, identificar locomotivas e vagões, e realizar movimentações das locomotivas e vagões nas dependências do pátio.

4.1.3 Caracterização dos Usuários

Os usuários do sistema terão a responsabilidade de coordenar e gerenciar manobras no pátio ferroviário, incluindo a análise do posicionamento adequado de vagões e locomotivas para assegurar o funcionamento eficiente do pátio. Esses

usuários devem ser funcionários da empresa ferroviária, uma vez que a execução das funcionalidades do sistema requer autenticação por meio de matrícula e senha do funcionário.

4.1.4 Requisitos Funcionais

Foram conduzidas sessões de *brainstorming* com os usuários do sistema atual de Controle de Pátios, bem como com gestores da empresa, a fim de levantar as funcionalidades necessárias para o sistema desenvolvido.

Os requisitos funcionais delineiam as funcionalidades do sistema, projetadas para atender às expectativas e ações dos usuários (GUEDES, 2018). Esses requisitos foram utilizados como diretrizes para a construção do novo sistema desenvolvido. A lista completa dos requisitos funcionais pode ser observada abaixo está disponível para análise no Apêndice A.1.

4.1.5 Requisitos não Funcionais

Conforme mencionado por Guedes (2018), os requisitos não funcionais integram a natureza do software, podendo estabelecer “restrições, condições, consistências e validações que devem ser aplicadas aos requisitos funcionais”. A lista completa dos requisitos não funcionais está disponível para análise no Apêndice B.1.

4.1.6 Especificação dos Requisitos Funcionais

Para uma compreensão mais aprofundada dos requisitos funcionais, foram elaboradas tabelas que proporcionam um detalhamento abrangente, incluindo nome, identificador, pré-condições, descrição do fluxo principal e alternativo, resultado

esperado após determinada ação e exceções. As informações completas estão disponíveis nas tabelas de C.1 a C.10.

4.1.7 Especificação dos Requisitos não Funcionais

Da mesma forma que no desdobramento dos requisitos funcionais, a elaboração detalhada dos requisitos não funcionais é crucial para identificar limites potenciais e fatores externos no desenvolvimento do sistema. Na especificação, serão fornecidas as seguintes informações: nome, categoria, prioridade e descrição. O detalhamento de todos os requisitos não funcionais pode ser consultado nas tabelas de D.1 a D.7.

4.2 Projeto da Intervenção

Nesta seção, serão detalhados os procedimentos adotados para a concepção de um novo design, destinado a resolver as questões relatadas pelos colaboradores durante a utilização do sistema Controle de Pátios. Cabe destacar que o estilo de interação selecionado para essa abordagem é a manipulação direta.

4.2.1 Especificação dos Cenários para Detalhar os Requisitos Funcionais do Sistema

Os cenários, conforme delineados por Rosson e Carroll (2002), representam “histórias” que descrevem a execução de atividades. Sua aplicação proporciona uma compreensão de como os usuários irão interagir com o sistema para alcançar seus objetivos. De acordo com Rosson e Carroll (2002), os cenários devem englobar contexto (detalhes circunstanciais que fundamentam ou elucidam os objetivos, ações e reações

dos atores no contexto), evento (resposta externa gerada pelo computador ou por outras características ambientais), avaliação (atividade cognitiva direcionada para a interpretação das características de uma dada situação), ação (comportamento observável), atores (indivíduos que interagem com o computador ou com o contexto em questão), objetivos (efeitos na situação que impulsionam as ações executadas pelos atores) e plano (atividade cognitiva direcionada à conversão de um objetivo em comportamento)

Assim, foram elaborados cenários com o propósito de apoiar o desenvolvimento das funcionalidades do sistema. Esses cenários não apenas facilitam a compreensão, mas também são empregados para responder a questionamentos específicos.

4.2.2 Modelagem de Tarefas

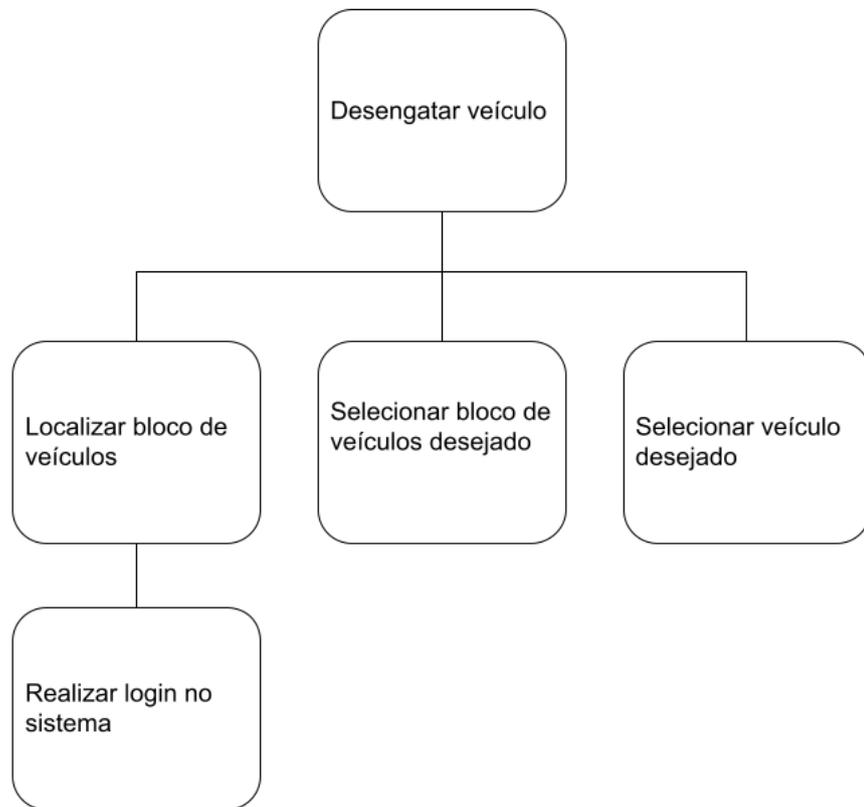


Figura 4.2: Exemplo modelo de tarefas. Fonte: Autoria Própria

4.2.3 Prototipação dos Cenários

Conforme destacado por Barbosa e Silva (2010), os protótipos, em diferentes graus de fidelidade, desempenham um papel crucial na geração de propostas de soluções. Eles podem ser desenvolvidos com alto nível de fidelidade, permitindo certo grau

de interação, ou com nível inferior, proporcionando apenas uma visão inicial da apresentação da interface. Em todos os casos, o desenvolvimento de protótipos é de suma importância para receber *feedbacks* dos usuários finais da ferramenta.

No processo de elaboração deste sistema, foram utilizados protótipos de baixo nível, criados no sistema Balsamiq, e um de alto nível desenvolvido no Adobe XD. A escolha de ambos os sistemas para a elaboração dos protótipos foi motivada pela presença de uma versão gratuita que atendia a todas as exigências do projeto, além da familiaridade e expertise já adquiridas, em outros projetos, em sua utilização como ferramentas. A versão completa dos protótipos pode ser visualizada nos anexos (ver Anexo E.1).

4.3 Avaliação de IHC

Neste trabalho de conclusão de curso será empregado o método de avaliação teste de usabilidade. Os testes de usabilidade serão conduzidos por meio da execução de algumas funcionalidades nos sistemas antigo e novo em um ambiente controlado.

O método de avaliação seguirá as etapas de preparação, coleta de dados e consolidação dos resultados. Na fase de preparação, serão reunidas as informações necessárias, como as tarefas e os questionários que serão respondidos e executados pelos voluntários. Os dados coletados durante os experimentos incluirão métricas como o tempo de execução de uma tarefa, quantidade de erros, número de cliques, além das respostas aos questionários. Na consolidação dos resultados, busca-se responder às questões propostas neste trabalho de conclusão de curso, utilizando métricas que possam contribuir para conclusões em relação aos estilos de interação apresentados.

5 GCP - Gráfico de Controle de Pátios

O Gráfico de Controle de Pátios (GCP) tem como objetivo comprovar a importância de uma ferramenta visual de controle de pátios em uma estação ferroviária. Essa ferramenta proporciona uma visualização do *layout* do pátio, incluindo o posicionamento dos veículos nas linhas, entre outras informações relevantes. Isso visa facilitar os processos de planejamento, controle e licenciamento do pátio.

Neste capítulo serão apresentadas a arquitetura e as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema *desktop* GCP.

5.1 Arquitetura

Na Figura 5.1, apresenta-se uma visão abrangente da arquitetura e das tecnologias empregadas no desenvolvimento do GCP. Devido à natureza do sistema, que é de uso exclusivo da empresa, o acesso só é permitido quando o colaborador está na rede interna da organização. Os computadores autorizados a acessar o sistema possuem um *drive* de rede mapeado, estabelecendo uma comunicação direta com um servidor interno onde a aplicação está armazenada. A comunicação com o servidor ocorre somente quando o colaborador tem permissão de acesso ao sistema.

Dado que o GCP está hospedado na rede interna da empresa, foi elaborada a classe *Security Manager*, responsável por gerenciar o acesso à aplicação. Essa classe estabelece a conexão entre o GCP e os sistemas de segurança da empresa.

Para realizar o *login* no sistema, o usuário deve inserir sua matrícula e senha de rede.

O software foi desenvolvido seguindo o padrão *Model-View-Controller* (MVC). Na camada *Model*, ocorre a comunicação com o banco de dados relacional, incluindo a conversão das informações recuperadas do banco em objetos, bem como a comunicação direta para realizar a persistência das informações. Na camada *Controller*, são implementadas as funcionalidades do sistema, juntamente com as regras de negócio, apresentadas na forma de classes. Por fim, na camada *View*, foram empregadas ferramentas disponibilizadas pela IDE, constituídas por um conjunto de classes e componentes VCL (*Visual Component Library*). Alguns são componentes não visuais, ou seja, podem ser manipulados visualmente em tempo de projeto, mas não são exibidos durante a execução do aplicativo, enquanto outros são componentes visuais, podendo ser visualizados e manipulados tanto em tempo de projeto quanto em tempo de execução.

As tabelas empregadas foram criadas com a assistência do componente VCL Quantum Grid da DevExpress. Sua escolha deve-se à facilidade de integração com a IDE, além do excelente desempenho na comunicação com o banco de dados utilizado neste projeto.

O *backend* do projeto foi completamente elaborado utilizando a linguagem C++, adotando o paradigma Orientado a Objetos. Esta linguagem foi escolhida pelo fato do sistema Controle de Pátios, utilizado para comparação com o GCP, ser desenvolvido em C++ e pela afinidade do desenvolvedor com a mesma.

As informações sobre os veículos ferroviários, incluindo condição, tipo, identificação e lotação, bem como sua localização em termos de linha, trem ou terminal, se estão engatados e a orientação da locomotiva, são armazenadas em

um banco de dados relacional. A comunicação com o banco de dados é realizada diretamente pelo sistema, e as credenciais necessárias para a conexão são armazenadas de forma criptografada em um arquivo com extensão “.ini”. Os resultados desejados são recuperados por meio da execução de consultas SQL.

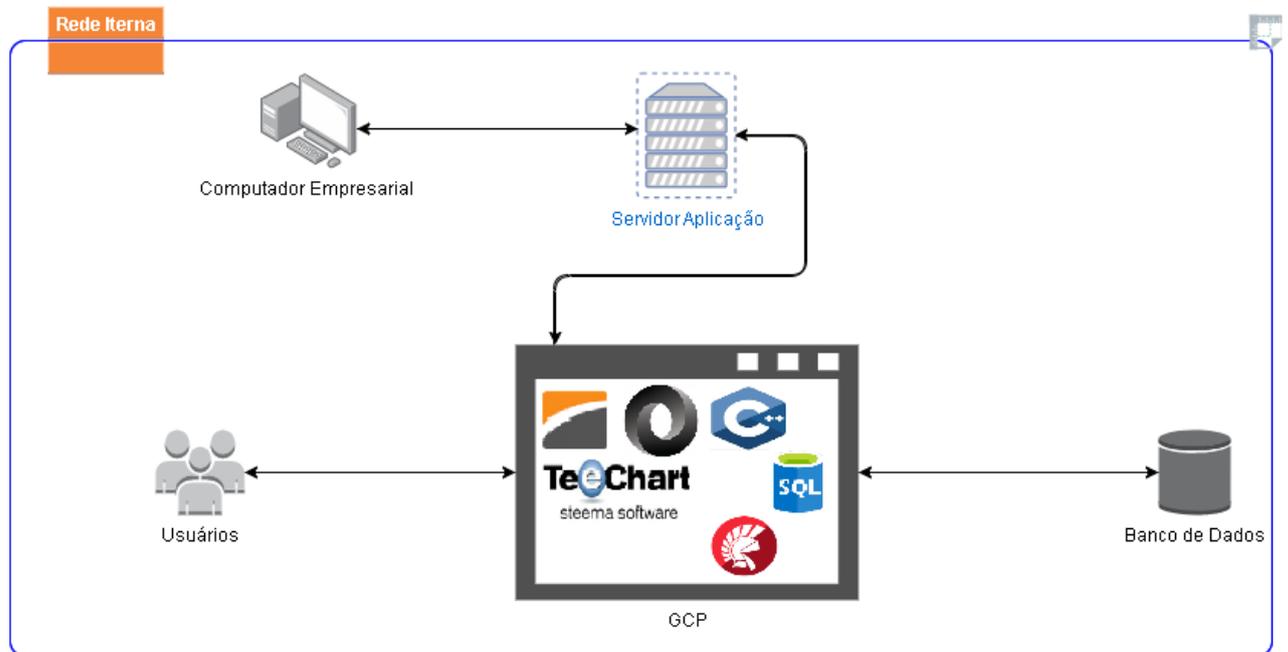


Figura 5.1: Arquitetura GCP. Fonte: Autoria Própria

5.2 Diagrama Entidade-Relacionamento

As entidades, relacionamentos e atributos empregados no desenvolvimento do sistema GCP podem ser visualizados no modelo apresentado na figura 5.2. As entidades no contexto da aplicação incluem: Vagão, Bloco Vagão, Locomotiva, Bloco Locomotiva, Linha, Fluxo de Atendimento, Terminal, Tabela de Terminais, Pátio

e Trem.

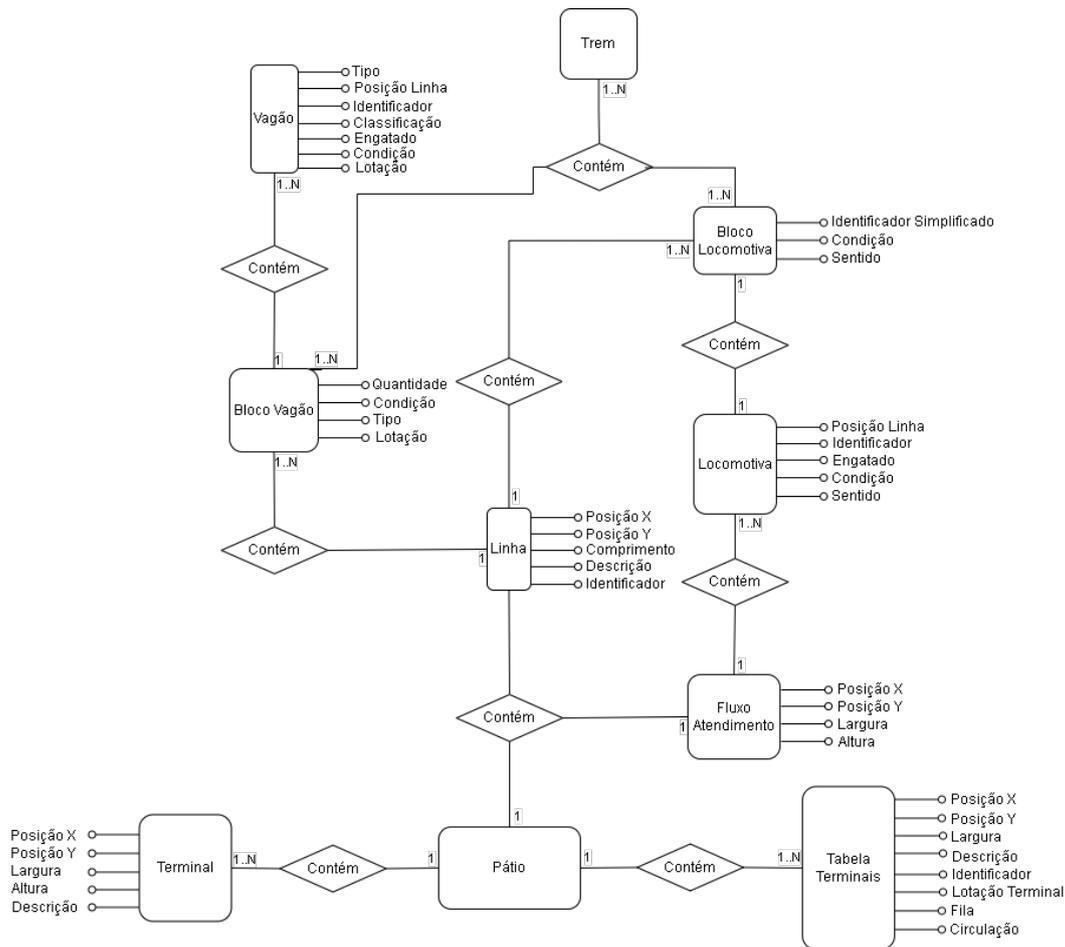


Figura 5.2: Diagrama Entidade-Relacionamento (DER). Fonte: Autoria Própria

Os vagões apresentam diversas informações relevantes, compreendendo tipo, posição na linha, identificador, classificação, engate, condição e lotação. O tipo indica a categoria à qual o veículo pertence (fechado, gôndola, hopper, plataforma ou tanque), a posição representa a ordem dos vagões na linha férrea, o identificador é um valor numérico único, e a classificação consiste em um conjunto de três caracteres que facilita a identificação e gestão dos vagões durante

o transporte ferroviário. Além disso, são registradas informações sobre o engate, indicando se o vagão está conectado ao vagão à frente, a condição que descreve seu estado físico (bom, com restrição ou avariado), e a lotação, informando se o vagão está vazio ou carregado. Vagões com o mesmo tipo, lotação e condição são agrupados pela entidade Bloco Vagão.

As locomotivas são agrupadas pela entidade Bloco Locomotiva, mantendo uma relação de 1 para 1. Elas compartilham das mesmas informações que os vagões, com a exceção de não possuírem tipo, classificação e lotação. O sentido de uma locomotiva indica a direção para a qual sua frente está apontando.

O Trem é uma composição composta por uma coleção de Blocos Vagão e Blocos Locomotiva, representando assim um conjunto de veículos ferroviários engatados.

A representação gráfica do pátio é construída com base na coleção das entidades Terminal e Linhas. As Linhas possuem informações que representam suas características, como comprimento, descrição e identificador, e dados de posição (posição x e y), além de colecionar os Blocos de Locomotiva e Vagão. Os Terminais possuem um nome, uma descrição e dados de posicionamento (posição x e y, largura e altura).

Os dados adicionais, utilizados pelos funcionários da empresa para obter uma informação resumida dos acontecimentos no pátio, são representados pelas entidades Fluxo Atendimento e Tabela Terminal. O Fluxo Atendimento apresenta todas as locomotivas presentes no pátio e seu sentido, utilizando informações retiradas da entidade Locomotiva. Esses dados são exibidos em formato de tabela, e as configurações da tabela, como largura, altura e posição (x e y), fazem parte das informações de sua entidade. A Tabela de Terminal fornece um resumo do termi-

nal, apresentando a lotação do terminal, a fila de espera para entrar no terminal e os vagões que estão realizando carga/descarga.

5.3 Visão Geral do Back-End

A arquitetura do *Back-End* foi construída como um conjunto de componentes focados em questões arquiteturais, como a comunicação entre o Front-End e o Back-End, além da integração com um banco de dados relacional. Os principais componentes incluem POS C++ e a Camada de Controle.

O POS C++ é uma camada de persistência, responsável pela comunicação com o banco de dados. As informações recuperadas e transformadas em objetos são utilizadas pela camada de controle, na validação de regras de negócio e desenho de componentes na tela principal do GCP.

As operações de consulta, armazenamento, atualização e exclusão foram realizadas por meio da execução de consultas na linguagem SQL. Essa abordagem foi adotada devido à sua utilização prévia em outros sistemas da empresa, além de propiciar maior facilidade na geração de relatórios para futuras auditorias.

Na Camada de Controle, encontram-se as classes desprovidas de estado (atributos), contendo apenas métodos e, conseqüentemente, não apresentando persistência. Por meio de seus métodos, essas classes supervisionam a reinicialização de chamadas em outras classes, visando atender a funcionalidades específicas. Uma organização em pacotes lógicos foi implementada para permitir o agrupamento eficiente dessas classes.

5.3.1 POS C++

O conjunto de classes designado como POS (Persistent Objects Service) engloba as entidades da camada de persistência. A persistência de um objeto implica na preservação do seu estado, ou seja, dos valores dos seus atributos. Dessa maneira, assegura-se que o estado do objeto seja mantido, mesmo quando a aplicação é encerrada. No contexto do GCP, essa persistência foi implementada por meio de gerenciadores de bancos de dados, cabendo à camada POS C++ a responsabilidade pelo gerenciamento dos objetos no banco relacional adotado neste projeto.

Existe uma diferença semântica entre o “mundo” orientado a objetos e o “mundo” relacional. A camada é responsável também por resolver este problema, possibilitando a persistência de objetos em bancos de dados relacionais de forma transparente.

Para que tudo isso fosse possível, foi necessário fazer algumas revisões no modelo. A primeira foi garantir que todas as classes que possuem atributos e relacionamentos fossem persistidas, para que os valores associados não sejam perdidos. A partir deste momento, a camada de persistência será responsável por armazenar os estados dos objetos desta classe em um banco de dados relacional.

A outra revisão do modelo, onde todo relacionamento um para n deve ser traduzido em uma coleção. A associação um para muitos por valor gera automaticamente uma classe coleção da classe colecionada, que representa a multiplicidade. A coleção é a estrutura que cuida da multiplicidade dos objetos.

Na camada de persistência, existem duas classes coleção: `ColecaoPorValor` e `ColecaoPorReferencia`. Ambas as classes armazenam coleções de objetos e disponibilizam métodos para acessar e navegar pelos objetos, sendo que:

1. A *ColecaoPorReferencia* trata de coleções que contêm referências a objetos. O ciclo de vida da coleção é independente do ciclo de vida dos objetos. Quando a coleção “morre”, as referências aos objetos morrem também, porém os objetos continuam inalterados.
2. A *ColecaoPorValor* trata de coleções que possuem os objetos por valor, ou seja, o ciclo de vida dos objetos é dependente da coleção.

5.4 Visão Geral do Front-End

Na seção a seguir, serão apresentadas as informações relevantes à implementação do *front-end* da aplicação. A arquitetura do *front-end* é composta pelos Componentes de Objeto e pelo *Framework* de Formulários. A integração com o ambiente de desenvolvimento C++ é realizada por meio de configurações específicas no C++Builder, IDE utilizada neste projeto, quanto no Repositório de Objetos.

Os Componentes de Objeto representam elementos de programação visual utilizados na criação da interface gráfica. Esses componentes são caracterizados por métodos, eventos e propriedades, algumas das quais podem ser modificadas durante o tempo de desenvolvimento diretamente na IDE. Cada componente desempenha uma função específica, abrangendo desde a edição de dados até a seleção de valores dentro de um domínio específico de dados, escolha de objetos em uma coleção, exibição de dados provenientes de objetos em uma coleção, entre outras funcionalidades. A utilização de um Componente de Objeto requer apenas o arraste do mesmo da paleta de componentes presente na IDE para o interior de um formulário. Vale ressaltar que os Componentes de Objeto são implementados como componentes VCL (Visual Component Library) e integram-se diretamente

ao ambiente de desenvolvimento proporcionado pela IDE.

A *Framework* de Formulários da IDE utiliza o VCL (Visual Component Library), onde o mesmo é formado por conjunto de Componentes de Objeto. Ao empregá-la, assegura-se consistência na aparência e no comportamento em todas as janelas do programa.

As modificações efetuadas pelos usuários são capturadas e analisadas pelo *back-end*, onde residem as regras de negócios e as chamadas de banco. Nesse contexto, são realizadas atualizações na interface a cada interação, garantindo a sincronia entre o *front-end* e o *back-end*.

5.4.1 Descrição das Telas GCP

A tela inicial exibida corresponde à interface de login. Nela, os colaboradores deverão realizar o preenchimento de sua matrícula e senha de rede. Caso as credenciais estejam corretas, o usuário será redirecionado para a tela principal do sistema.

Na tela principal, são exibidas as linhas do pátio, juntamente com a disposição dos veículos ferroviários nelas alocados. Os veículos são representados por ilustrações retangulares denominadas “Blocos”. Esses “Blocos” podem ser compostos por um ou mais vagões, compartilhando características semelhantes, e apresentam informações essenciais, como a quantidade de vagões, condição e tipo. No caso das locomotivas, são representadas individualmente, exibindo sua numeração parcial no interior do Bloco. Além disso, o sentido da locomotiva, para onde a parte frontal está direcionada, é indicado por uma seta na parte inferior.

É importante destacar que os Blocos possuem dimensões correspondentes

aos veículos ferroviários que representam, sendo que cada metro real é equivalente a um pixel na tela.

Além das informações dos veículos, serão exibidas tabelas com informações relevantes referentes aos terminais do pátio. Essas informações compreendem a ocupação do terminal, a quantidade de vagões aguardando descarregamento na fila e a quantidade de vagões dentro do terminal. Adicionalmente, será apresentado o fluxo de atendimento das locomotivas, indicando a direção para a qual cada locomotiva será encaminhada, seja para o estado de Minas Gerais, São Paulo ou Rio de Janeiro.

5.5 Modelo Navegacional do GCP

O modelo navegacional desenvolvido refere-se a uma representação visual ou conceitual da estrutura de navegação dentro do sistema. Esse modelo descreve como os usuários podem se deslocar entre diferentes telas, páginas ou seções do sistema enquanto interagem com a interface.

Na figura 5.3 temos ilustrado o modelo navegacional criado para o GCP. Ele apresenta as transições disponíveis para os usuários a partir de um ponto específico. No escopo das funcionalidades executáveis pelos funcionários da empresa, incluem-se o processo de login, a movimentação dos Blocos e trens ao longo das linhas do pátio (conforme seção 5.5.2), o desengate de vagões e locomotivas, bem como a análise resumida e detalhada das informações dos veículos alocados no pátio, incluindo sua localização nas linhas do pátio. Adicionalmente, proporciona uma visão macro das locomotivas alocadas e do status dos terminais, contemplando a lotação do terminal, a fila de espera e os vagões envolvidos em processos

de carga ou descarga.

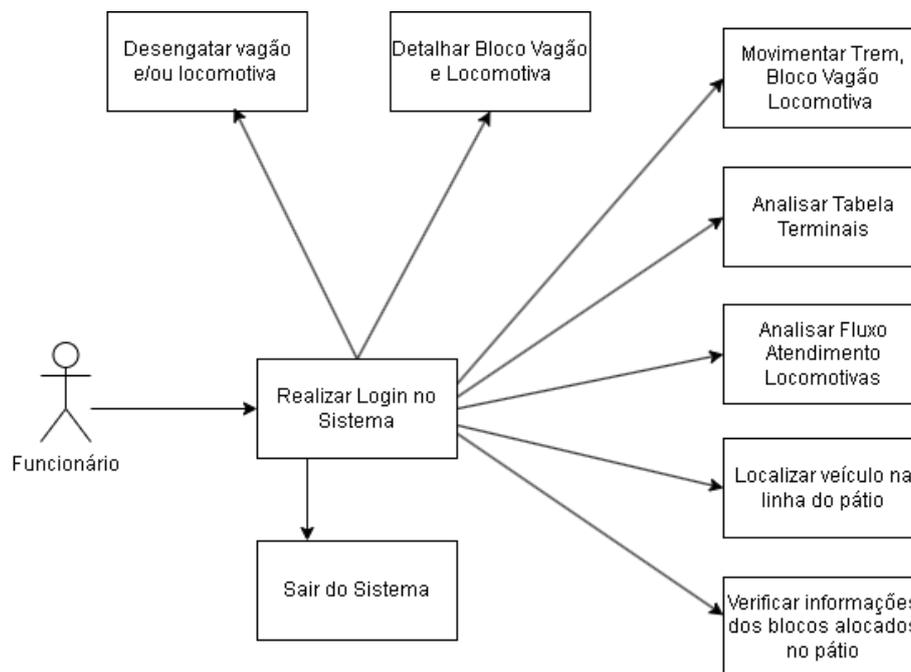


Figura 5.3: Modelo navegacional do GCP. Fonte: Autoria Própria

Após efetuar o login no sistema, o usuário será redirecionado para a tela principal, na qual será apresentada uma representação gráfica do pátio, juntamente com as informações referentes aos veículos alocados e aos terminais. Todas as funcionalidades mencionadas anteriormente serão executadas na tela principal do sistema.

5.5.1 Verificar Informações dos Blocos Alocados no Pátio

Os Blocos que representam os vagões apresentam as seguintes informações: quantidade, condição, tipo e lotação. A quantidade, expressa numericamente no interior do Bloco, indica o número de vagões que compõem o Bloco (Figura 5.9). Se ne-

nhum número estiver presente, o Bloco representa apenas um vagão. A letra no interior do Bloco denota o tipo (F = Fechado, G = Gôndola, H = Hopper, P = Plataforma e T = Tanque) do(s) vagão(ões) associado(s) a ele. A condição dos veículos vinculados ao Bloco é identificada pela cor (verde indica condição “Bom”, amarela indica “Com Restrição” e vermelha indica “Avariado”). A lotação é representada por uma linha situada na parte superior do Bloco. Quando essa linha está presente, o vagão está “Carregado”, enquanto a ausência de qualquer linha indica que o vagão está vazio

Figura 5.4: Exemplo de Blocos de vagões.



As locomotivas são exibidas individualmente, fornecendo as seguintes informações: identificação parcial, sentido e condição. A identificação parcial é indicada pelo número localizado internamente no Bloco da locomotiva. A seta na parte inferior do Bloco aponta a direção da frente da locomotiva, e a condição é representada por sua cor, seguindo as mesmas regras aplicadas aos vagões. É relevante enfatizar que os Blocos de locomotivas mantêm uma coloração uniforme em azul.

Figura 5.5: Exemplo Bloco Locomotiva.



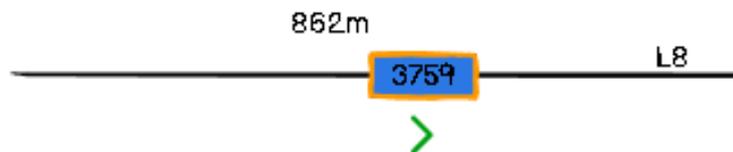
5.5.2 Movimentar Bloco e Trem

Inicialmente, o usuário deve realizar o login no sistema utilizando sua matrícula e senha de rede e identificar o Bloco ou trem que pretende movimentar. Ao clicar uma vez, utilizando o botão esquerdo do mouse, o usuário poderá arrastar o objeto ao longo da linha. Conforme o objeto é arrastado, o sistema exibe a posição atual na linha em metros, conforme ilustrado nas Figuras 5.7 e 5.6. Ressalta-se que não é possível movimentar um Bloco ou locomotiva caso outro esteja posicionado à sua frente.

Figura 5.6: O Bloco 8F está na localização 1255 metros. Fonte: Autoria Própria



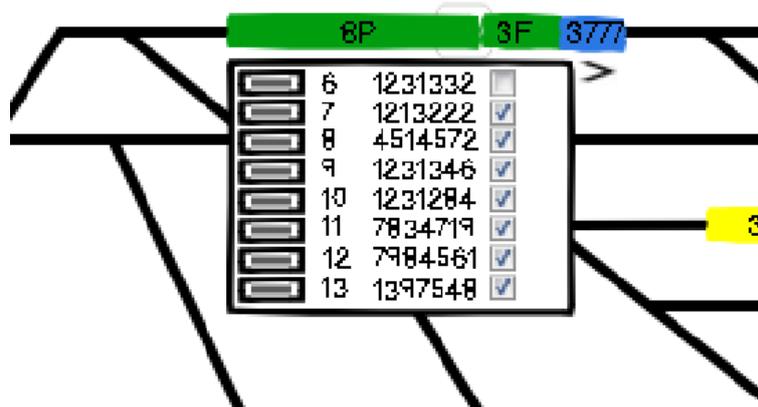
Figura 5.7: A locomotiva 3759 está na localização 862 metros. Fonte: Autoria Própria



5.5.3 Desengatar Vagão ou Locomotiva

Inicialmente, o usuário deve efetuar o login no sistema utilizando sua matrícula e senha de rede e identificar o veículo ferroviário que deseja movimentar. Para desengatar um veículo, o usuário deverá selecionar o Bloco para listar a composição, em seguida, clicar sobre o vagão ou locomotiva desejado e, por fim, executar a função “Desengatar” clicando na caixa de seleção. Este procedimento está exemplificado na Figura 5.12.

Figura 5.8: Selecionar Bloco, vagão e clicar no checkbox. Fonte: Autoria Própria



Ao efetuar o desengate, o Bloco original será subdividido em dois, como

ilustrado na Figura 5.9. Consequentemente, o primeiro Bloco será composto pelo primeiro veículo engatado até o vagão anterior ao selecionado, Figura 5.10. O segundo Bloco será constituído pelo vagão selecionado e seus veículos subsequentes, Figura 5.11.

Figura 5.9: Após clicar no checkbox o Bloco será dividido em dois. Fonte: Autoria Própria



Figura 5.10: Bloco formado pelo vagão selecionado e seus subsequentes. Fonte: Autoria Própria

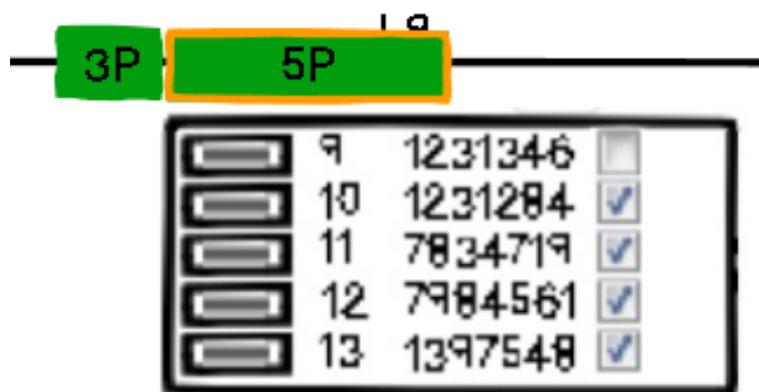
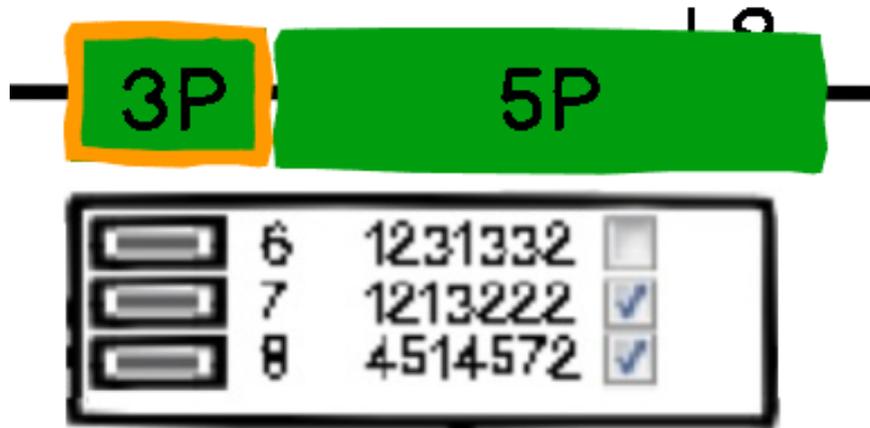


Figura 5.11: Bloco formado pelo restante dos vagões do Bloco original. Fonte: Autoria Própria



5.5.4 Listar Veículos que Formam os Blocos

Para examinar a composição completa dos Blocos , é necessário clicar uma vez com o botão esquerdo do mouse sobre o Bloco desejado. Após esse procedimento, uma lista será aberta, exibindo os equipamentos e suas respectivas informações, conforme ilustrado nas Figuras 5.12 e 5.13.

Figura 5.12: Informações de um Bloco de vagões. Fonte: Autoria Própria

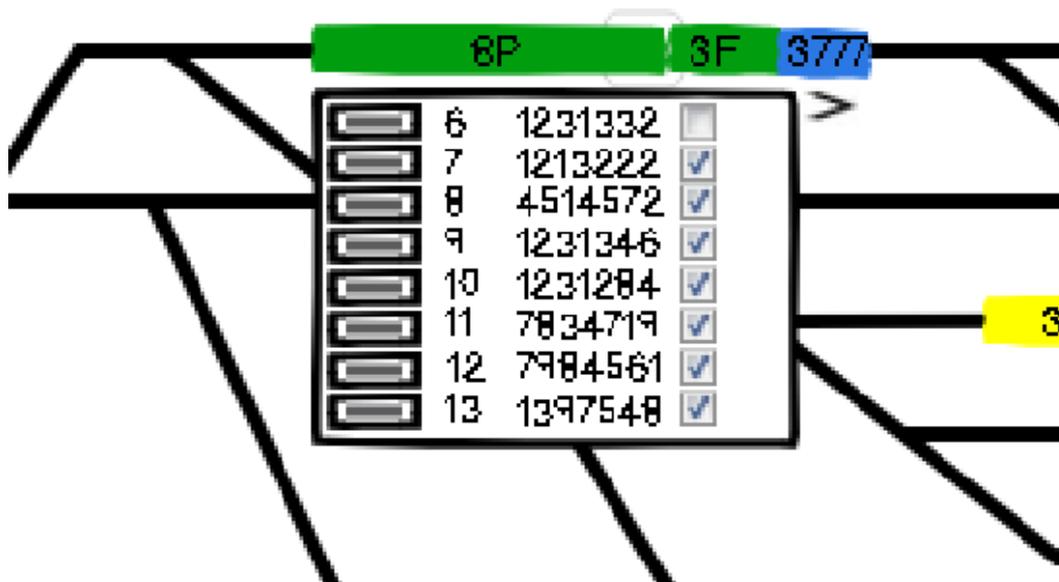


Figura 5.13: Informações de uma locomotiva. Fonte: Autoria Própria



5.5.5 Análise Fluxo de Atendimento Terminais e Locomotivas

Na interface principal do GCP, diversas tabelas fornecem de maneira sucinta informações cruciais para as atividades dos controladores de pátio. Em uma delas,

apresenta-se uma visão geral de todas as locomotivas alocadas no pátio, incluindo a indicação de seus sentidos (Figura 5.14). Outras tabelas exibem dados relacionados ao fluxo de atendimento dos terminais situados no pátio, detalhando o nome do terminal, sua ocupação, quantidade de vagões na fila para descarregamento ou carregamento e a movimentação de vagões dentro do terminal.

Figura 5.14: Fluxo atendimento locomotivas. Fonte: Autoria Própria

MG^	SP
veic1; veic2	veic10; veic
veic3; veic4	veic11; veic2
veic5; veic6	veic13; veic
veic7; veic8	
veic9	

Figura 5.15: Fluxo atendimento dos terminais. Fonte: Autoria Própria

Cliente 1			Cliente 2		
Pos	Fila	Circ	Pos	Fila	Circ
11/10	0	0	11/10	0	0

6 Teste de Usabilidade

Conforme previamente destacado nesta pesquisa de conclusão de curso, a usabilidade abrange a eficácia (facilidade que os usuários têm de interagir com o sistema), eficiência (ferramentas necessárias para realizar a interação com o sistema) e satisfação (*feedback* positivo dos usuários ao interagirem com o sistema) no uso de um sistema. A sua avaliação, por meio de testes de usabilidade, permite mensurar a experiência de uso dos usuários e determinar se o produto resultante atende aos critérios de qualidade desejados. Diante deste contexto, este capítulo apresentará as etapas e os resultados obtidos a partir dos testes de usabilidade conduzidos nos sistemas GCP e Controle de Pátios.

6.1 Preparação

Dado que o sistema testado demanda uma certa *expertise* em termos do setor ferroviário, os colaboradores selecionados para os testes foram escolhidos entre aqueles que trabalham na empresa ferroviária de logística há mais de 6 meses. Antes de realizar as atividades de teste, os voluntários tiveram que aceitar e preencher um termo de consentimento e um questionário pré-teste (Tabela 6.1). Este último foi utilizado para obter informações relevantes sobre o perfil de cada participante, consistindo em 14 perguntas-chave que ajudaram a identificar características importantes, como experiência com o sistema testado e habilidades no uso de computadores.

Tabela 6.1: Questões do questionário de caracterização de perfil, onde “*” para perguntas com respostas obrigatórias e “**” para perguntas obrigatórias podendo ter mais de uma resposta.

ID	Perguntas	Respostas
1	Nome*	
2	Escolaridade*	- Ensino Médio Completo - Ensino Superior Incompleto - Ensino Superior completo
3	Caso tenha curso superior completo ou andamento definir a área de do mesmo.	- Exatas - Humanas - Biológicas - Saúde
4	Há quanto tempo você utiliza computador?*	- Mais de 10 anos. - Entre 9 anos a 10 anos - Entre 7 anos a 8 anos - Entre 5 anos a 6 anos - Menos de 5 anos
5	Em que local você utiliza o computador**	- Em casa- No trabalho - Na escola - Na faculdade
6	Qual a sua frequência de uso do computador:*	- Muito Alta(mais de 8 horas por dia) - Alta (de 6 à 8 horas por dia) - Média(de 3 à 5 horas por dia) - Baixa (de 1 à 4 horas por dia) - Muito Baixa (menos de 1 hora por dia)

7	Você já utilizou o sistema Controle de Pátios ?*	<ul style="list-style-type: none"> - Sim - Não
8	Qual a sua receptividade em relação à tecnologia ?*	<ul style="list-style-type: none"> - Odeia - Desgosto - Neutro - Gosto - Adoro
9	Quais as tarefas você faz com o apoio do computador?***	<ul style="list-style-type: none"> - Escrever e editar documento de texto; - Desenvolver programas ou aplicativos; - Ler e responder emails; - Navegar pela Internet; - assistir filmes, vídeos e jogos; - Usar redes Sociais; - Outros
10	Qual é a sua abertura à utilização e adoção de novas ferramentas na realização de atividades com o apoio do computador?*	<ul style="list-style-type: none"> - Muito Fechado - Fechado - Neutro - Aberto - Muito Aberto
11	Qual a importância que você atribui a um treinamento?*	<ul style="list-style-type: none"> - Não Importante - Pouco Importante - Neutro - Importante - Muito Importante
12	Como você aprender a utilizar um sistema**	<ul style="list-style-type: none"> - Explorando a sua interface; - Leitura de manuais e tutoriais; - Por meio de vídeos; - Com a ajuda de outra pessoa;

Os participantes realizaram quatro tarefas (T1 - Alterar posição dos vagões, T2 - Desengatar um vagão, T3 - Identificar a localização de um locomotiva e T4 - Identificar a localização de um vagão com avaria) em cada um dos sistemas avaliados. Dessas, duas foram destinadas à manipulação de informações nos sistemas (T1 e T2), enquanto as outras duas foram direcionadas à consulta de dados (T4 e T5). As tarefas executadas no teste do sistema de Controle de Pátios foram selecionadas após reuniões e sessões de *brainstorming* com gestores e usuários-chave da empresa, visando identificar funcionalidades consideradas essenciais para o teste de usabilidade. Já os testes realizados no GCP foram elaborados buscando encontrar funcionalidades equivalentes às testadas no Controle de Pátios. Para auxiliar na execução das tarefas, foram disponibilizados manuais de instrução, focados em fornecer informações que auxiliassem na interpretação dos dados apresentados nos sistemas e na condução dos testes. Importante destacar que os participantes tinham a liberdade de consultar esses manuais a qualquer momento durante a execução das tarefas.

Com o intuito de minimizar a possibilidade de alterações nos dados, as tarefas realizadas pelos diferentes participantes foram conduzidas no mesmo cenário, mantendo condições e configurações idênticas em todas as avaliações. Devido à pandemia do Covid-19 os testes foram realizados, por meio de acesso remoto à máquina, durante o mês de Janeiro de 2021 na cidade de Juiz de Fora. Os participantes ingressavam em uma conferência via *Microsoft Teams* com o avaliador, que compartilhava a tela da máquina usada nos testes e concedia o controle da máquina aos voluntários. Como a velocidade da internet poderia impactar os testes, ela foi monitorada durante toda a avaliação, através da ferramenta NetTraffic. Os testes só eram iniciados quando a internet apresentava estabilidade, e execuções que so-

friam interferência devido à latência eram descartadas. No teste piloto realizado, constatou-se que pequenas modificações nas tarefas, como a alteração do veículo ferroviário (locomotiva ou vagão) a ser utilizado, eram necessárias, além de ajustes na redação dos manuais para torná-los mais intuitivos.

Com o propósito de avaliar e comparar a facilidade de uso, a experiência do usuário, a eficácia e as diferenças em termos de interação, navegação e desempenho, foi decidido registrar o tempo de execução de cada tarefa, a quantidade de erros cometidos e a quantidade de cliques do mouse em cada tarefa. Além dessas informações coletadas na sessão de observação, foi elaborado um questionário pós-testes (ver Figura F.1) com o objetivo de avaliar os sentimentos dos participantes ao realizar as tarefas nos sistemas testados. O questionário foi desenvolvido com base na escala de Likert, de 5 pontos, com a seguinte graduação: Discordo Totalmente (1), Discordo (2), Nem discordo, nem concordo (3), Concordo (4) e Concordo Totalmente (5). É importante ressaltar que cada pergunta deve ter uma única resposta.

6.2 Coleta de Dados

Previamente ao início das tarefas, os participantes do teste de usabilidade receberam instruções que incluem uma breve descrição do sistema, o objetivo da avaliação e uma explicação concisa e fundamentada dos manuais elaborados dos sistemas GCP e Controle de Pátios. É importante destacar que, independente da experiência prévia dos voluntários, essas instruções foram fornecidas de maneira uniforme.

Após as considerações iniciais, os participantes procedem à assinatura di-

gital do termo de consentimento e ao preenchimento do questionário pré-teste. Com o questionário pré-teste devidamente verificado e validado, dá-se início aos testes. Metade dos participantes iniciaram a realização dos testes no sistema Controlador de Pátios, enquanto a outra metade começou no GCP. Posteriormente, os participantes que começaram realizando as tarefas no GCP, ao concluí-las, iniciaram as tarefas no Controlador de Pátios, e o mesmo procedimento foi seguido pelos participantes que começaram no Controlador de Pátios, mudando para o sistema GCP após a conclusão das tarefas iniciais.

As questões, usadas na execução dos testes, foram elaboradas de maneira sequencial, impedindo qualquer possibilidade de serem puladas ou iniciadas fora da ordem numérica crescente. As tarefas são apresentadas de maneira individual aos voluntários, no formato PDF, com um intervalo de aproximadamente 3 minutos destinado à revisão e tirar dúvida com o avaliador. Após esse período, o avaliador concede autorização para iniciar a execução da tarefa, iniciando o cronômetro e ativando o programa para registrar a quantidade de cliques. Durante a sessão de observação, o avaliador registra a quantidade de erros cometidos e o tempo para a execução das tarefas. Os participantes têm acesso ao manual a qualquer momento durante a execução da tarefa, contudo, não podem esclarecer dúvidas com o avaliador após o início da tarefa. Esse procedimento é seguido rigorosamente para todas as questões do questionário e tarefas realizadas nos sistemas GCP e Controlador de Pátios.

As Tabelas G.1 e G.4 registram os tempos individuais que cada usuário levou para realizar as tarefas designadas. As Tabelas G.2 e G.5 apresentam os erros cometidos por cada participante durante a execução dessas tarefas, enquanto nas Tabelas G.3 e G.6 estão documentados os totais de cliques efetuados em cada

uma das atividades.

Ao finalizar a execução das tarefas designadas, os participantes foram instruídos a preencher o questionário pós-teste. Neste questionário, foram selecionadas, em conjunto com o orientador deste curso, cinco perguntas destinadas a compreender os sentimentos e opiniões dos participantes em relação ao sistema. Os resultados das respostas a essas perguntas estão apresentados nas Tabelas H.1 e H.2, em que uma escala de 1 a 5 foi empregada, indicando que 1 corresponde a “discordo totalmente” e 5 a “concordo totalmente”. As colunas da tabela correspondem, respectivamente, às seguintes indagações: “Acho que gostaria de usar este sistema com frequência”, “Achei o sistema fácil de usar”, “Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente”, “Eu me senti confortável com este sistema” e “A organização de informações na tela do sistema é clara”.

No questionamento “Acho que gostaria de usar este sistema com frequência” refere-se à disposição ou inclinação de um usuário em utilizar um sistema de forma regular. Essa declaração sugere aferir o nível de atratividade ou utilidade percebida do sistema em questão, indicando a probabilidade de o usuário optar por incorporar o sistema em suas atividades cotidianas com uma frequência considerável.

A pergunta “Achei o sistema fácil de usar” busca avaliar a percepção do usuário em relação à facilidade de interação com o sistema. A resposta a essa pergunta fornece *insights* valiosos sobre a usabilidade do sistema, contribuindo para a avaliação do design e da eficiência na interação usuário-sistema.

A pergunta “Imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente” está relacionada à percepção do respondente sobre a facilidade de aprendizado do sistema em questão. Essa afirmação busca avaliar a capacidade

de outros usuários em adquirir rapidamente as habilidades necessárias para operar o sistema.

O questionamento “Eu me senti confortável com este sistema” refere-se à avaliação subjetiva do entrevistado em relação ao nível de conforto experimentado durante a interação com o sistema em questão. Essa pergunta busca capturar a percepção do usuário quanto à facilidade de adaptação, confiança e satisfação emocional durante o uso do sistema.

A indagação “A organização de informações na tela do sistema é clara” refere-se à percepção do usuário sobre a clareza e eficácia na apresentação de informações na interface do sistema. Essa pergunta busca avaliar a organização visual e estrutural dos elementos na tela, questionando se o usuário percebe as informações dispostas de maneira lógica e compreensível. A resposta a essa pergunta fornece uma ideia sobre a usabilidade da interface gráfica, a facilidade de navegação e a capacidade do sistema em apresentar informações de forma coerente e intuitiva para o usuário.

Os resultados obtidos, referentes aos questionários pós-testes podem ser observado no Apêndice H.1. É relevante salientar que, devido à presença de apenas um avaliador, os testes foram conduzidos individualmente em horários distintos para cada voluntário.

6.3 Análise dos Resultados

Para o presente trabalho de conclusão de curso, foram conduzidos testes com dezoito voluntários. A média de idade dos participantes é de 33,16 anos, sendo que 38,8% têm idades compreendidas entre 21 e 30 anos, enquanto 61,2% estão na faixa

etária de 31 a 60 anos. Todos os voluntários possuem ensino superior completo ou em andamento, sendo que 72,2% concluíram o ensino superior, e 27,8% estão em processo de conclusão. Ao analisar a formação dos participantes com curso superior, constata-se que 77,8% são da área de exatas, 16,7% das áreas humanas e 5,6% da área de saúde. Além destas informações provenientes do questionário pré-teste, temos que 94,5% dos participantes têm uma experiência de utilização de computadores superior a 10 anos, 83,4% utilizam o computador mais de 8 horas por dia. Vale ressaltar que dos voluntários testados, 55,6% já utilizam o sistema Controle de Pátios pelo menos uma vez e 44,4% nunca entraram no sistema.

Para cada tarefa executada foi gerado um gráfico Box Plot, considerando os dados obtidos nos testes, incluindo tempo de execução, número de erros cometidos e quantidade de cliques realizados. Nas imagens subsequentes, apresentamos uma organização dos gráficos, permitindo uma comparação direta entre as tarefas específicas do sistema antigo e suas correspondentes no novo sistema. Essa representação gráfica proporciona uma análise visual e estatística da distribuição dos dados, facilitando a compreensão comparativa da variabilidade e do desempenho nas diferentes tarefas realizadas nos dois sistemas. Vale ressaltar que os *outliers*, foram desconsiderados das análises.

O gráfico Box Plot relacionado ao tempo de execução apresentou uma notável diferença na amplitude entre os sistemas Controle de Pátios e GCP na primeira tarefa. A amplitude elevada nesse contexto deve-se à variabilidade substancial nos tempos de execução entre os participantes ao realizar a Tarefa 1 no sistema GCP. Isso indica que alguns usuários conseguiram completar a tarefa de maneira excepcionalmente rápida, enquanto outros experimentaram tempos de execução mais prolongados. Uma análise detalhada dessas observações atípicas

demonstrou que a falta de uma funcionalidade de busca rápida para encontrar os veículos ferroviários alocados nos Blocos do GCP afetou diretamente o tempo de execução da primeira tarefa.

Figura 6.1: Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T1 e T2 relacionado ao tempo de execução

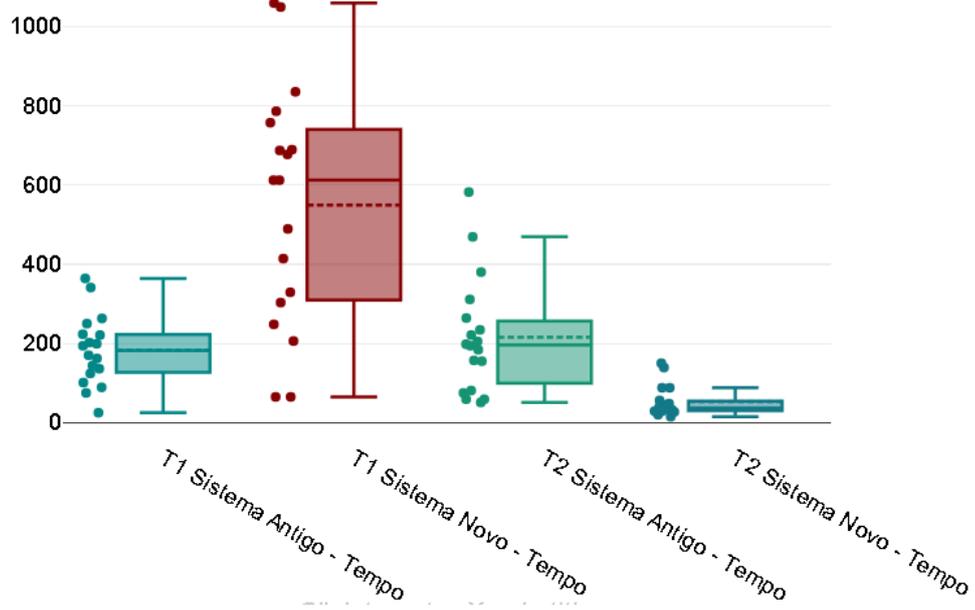
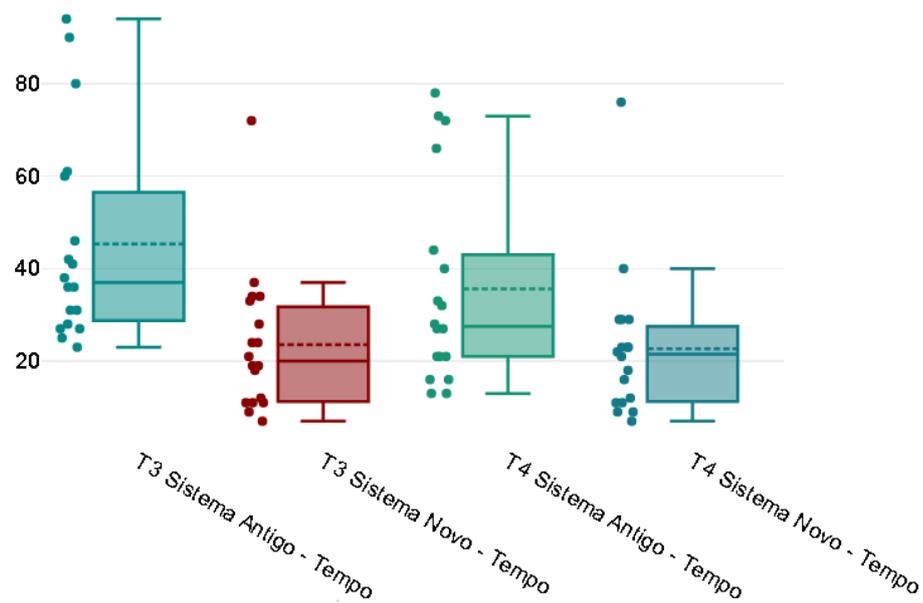


Figura 6.2: Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T3 e T4 relacionado ao tempo de execução



A análise dos gráficos Box Plot relacionados ao número de erros revela uma observação notável: na tarefa número 3, ambos os sistemas não apresentaram nenhum erro entre os participantes. Essa observação específica fornece uma indicação valiosa da qualidade do design e da usabilidade, indicando que os usuários conseguiram realizar essa tarefa sem cometer equívocos, tanto no sistema antigo quanto no novo. Por outro lado, na Tarefa 1, nenhum erro foi registrado para o GCP. Entretanto, alguns participantes cometeram falhas ao executar a mesma tarefa no Controle de Pátios. Da mesma forma, na Tarefa 4, participantes cometeram erros no sistema antigo, enquanto nenhum erro foi observado no sistema novo. Essa disparidade sugere a possibilidade de um problema na interface, o qual

pode comprometer a experiência do usuário, sendo necessário uma avaliação mais aprofundada para identificar e corrigir potenciais problemas na interação com a interface, visando aprimorar a usabilidade do sistema.

Figura 6.3: Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T1 e T2 relacionado ao número de erros

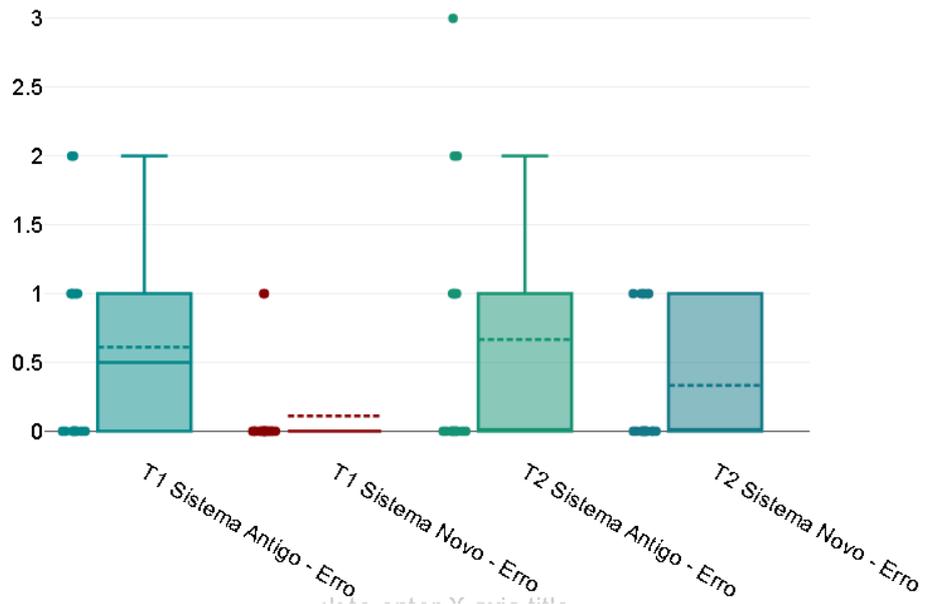
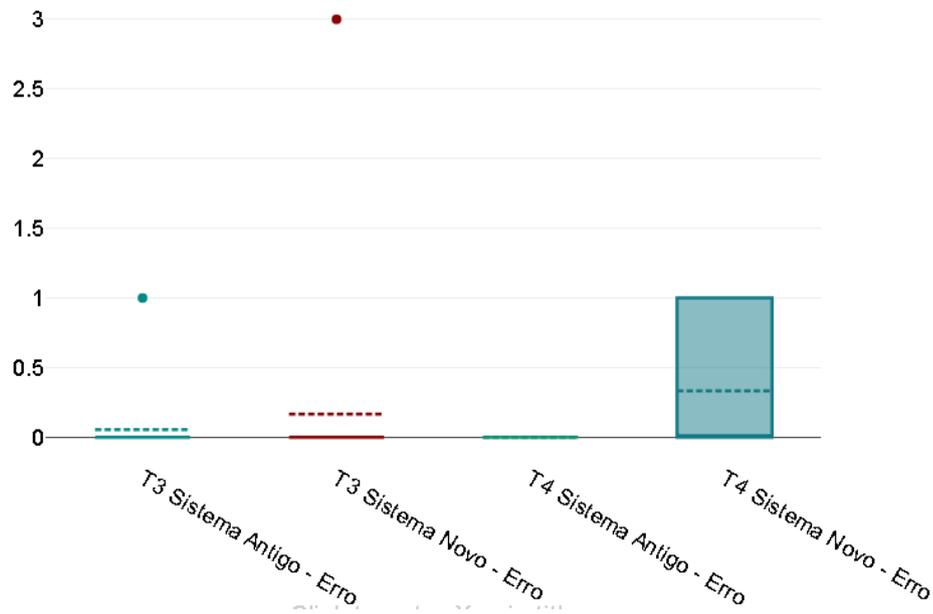


Figura 6.4: Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T3 e T4 relacionado ao número de erros



Considerando o número de cliques durante a execução das tarefas nos sistemas Controle de Pátios e GCP, identificamos que a maior dispersão ocorre na Tarefa 1. No caso do sistema GCP, a maior dispersão é notada na Tarefa 1, tanto em relação ao tempo, conforme mencionado anteriormente, quanto ao número de cliques. Isso ressalta a necessidade de aprimoramento nas funcionalidades utilizadas para a execução dessa tarefa no sistema GCP. Por outro lado, ambas as plataformas demonstram uma característica semelhante de menor quantidade de cliques na Tarefa 2. Essa análise sugere que as funcionalidades utilizadas para executar a segunda tarefa são eficientes e possuem uma fluidez notável.

Figura 6.5: Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T1 e T2 relacionado ao número de cliques

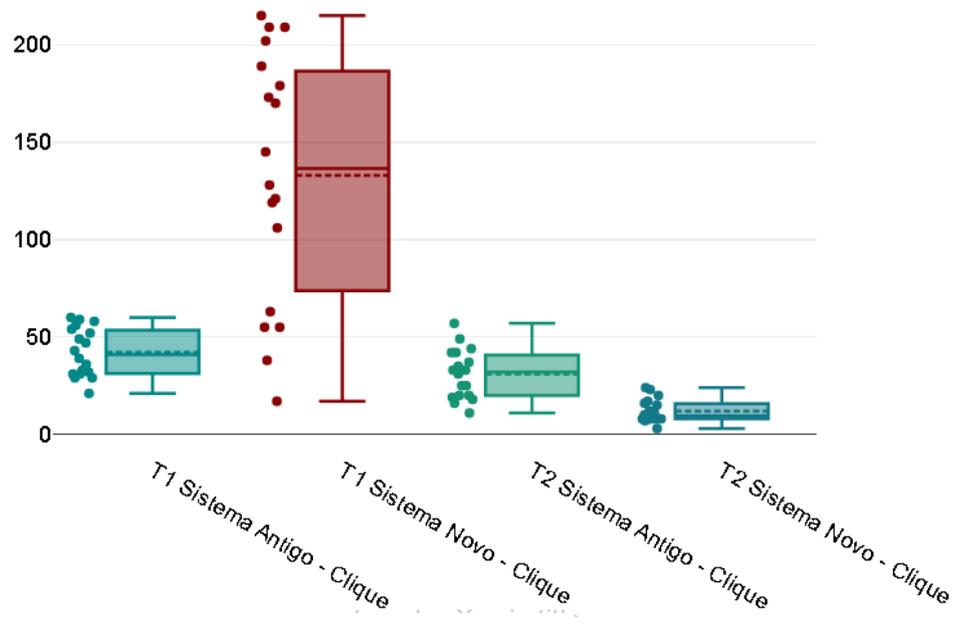
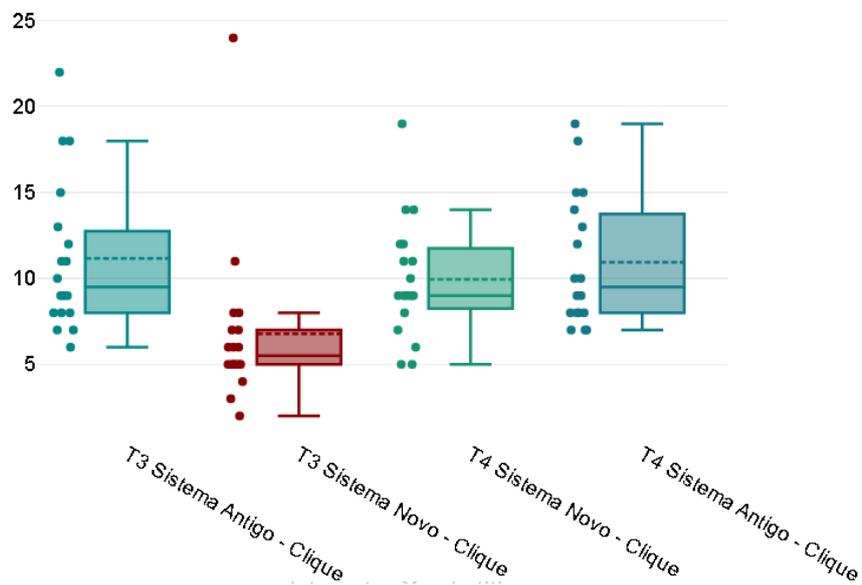


Figura 6.6: Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP para as tarefas T3 e T4 relacionado ao número de cliques



A elaboração dos gráficos comparativos entre os sistemas Controle de Pátios e GCP fundamentou-se na aplicação da média aritmética aos resultados dos testes de usabilidade. Por meio do cálculo da média dos desempenhos obtidos por diversos participantes em distintas tarefas, alcançou-se uma medida representativa, possibilitando a consolidação de uma quantidade substancial de dados em um único valor. Essa abordagem simplifica a compreensão global do desempenho do sistema, permitindo uma análise mais concisa e comparativa. Três gráficos comparativos foram concebidos, considerando os dados referentes ao tempo de execução das tarefas, ao número de erros cometidos e à quantidade de cliques realizados em cada tarefa durante a execução dos testes.

Figura 6.7: Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP relacionado ao tempo de execução das tarefas

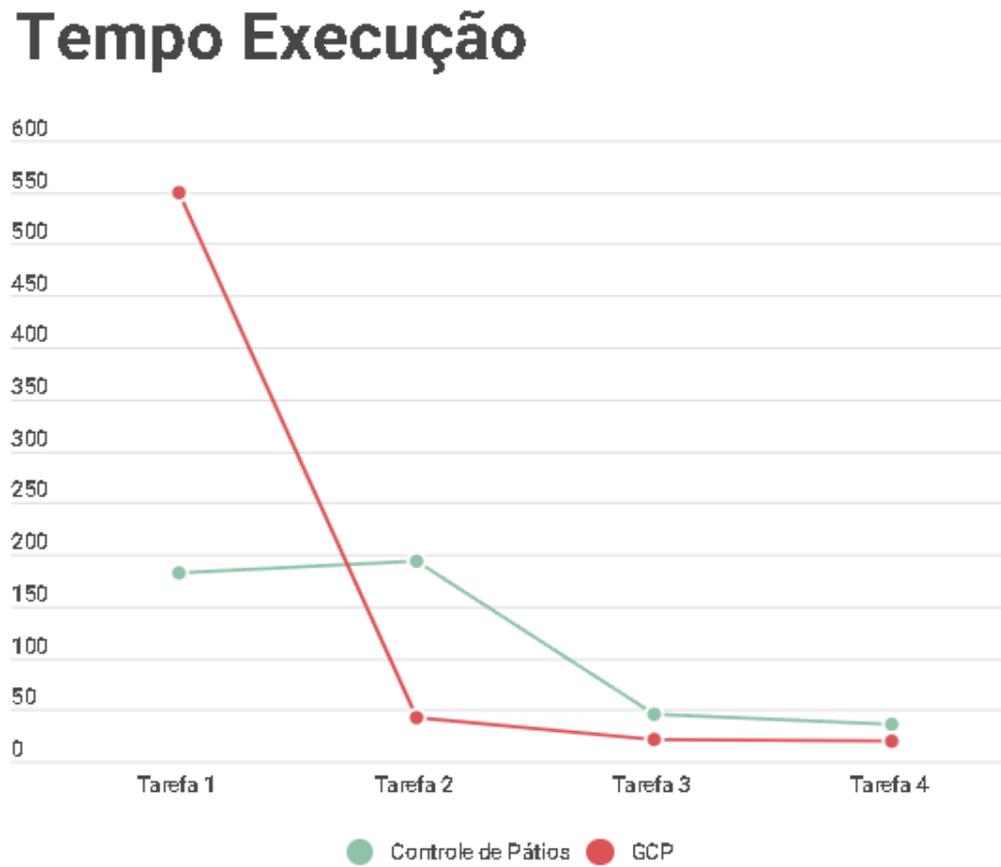


Figura 6.8: Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP relacionado ao número de erros

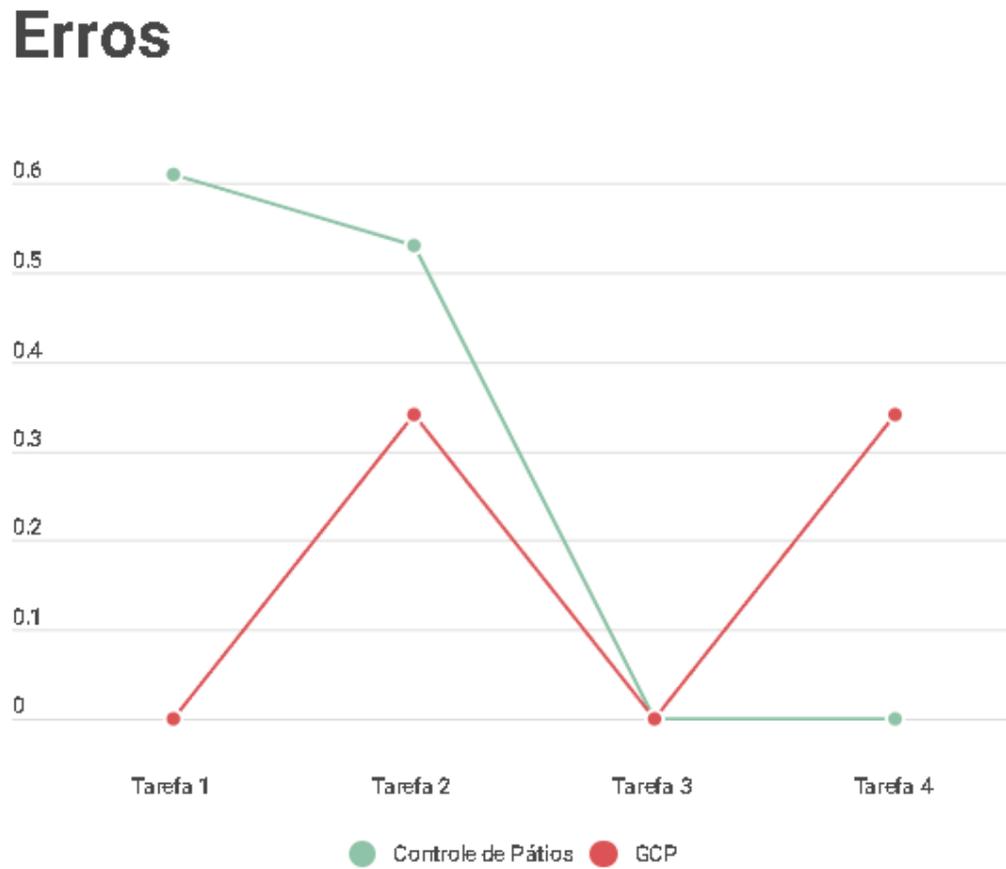
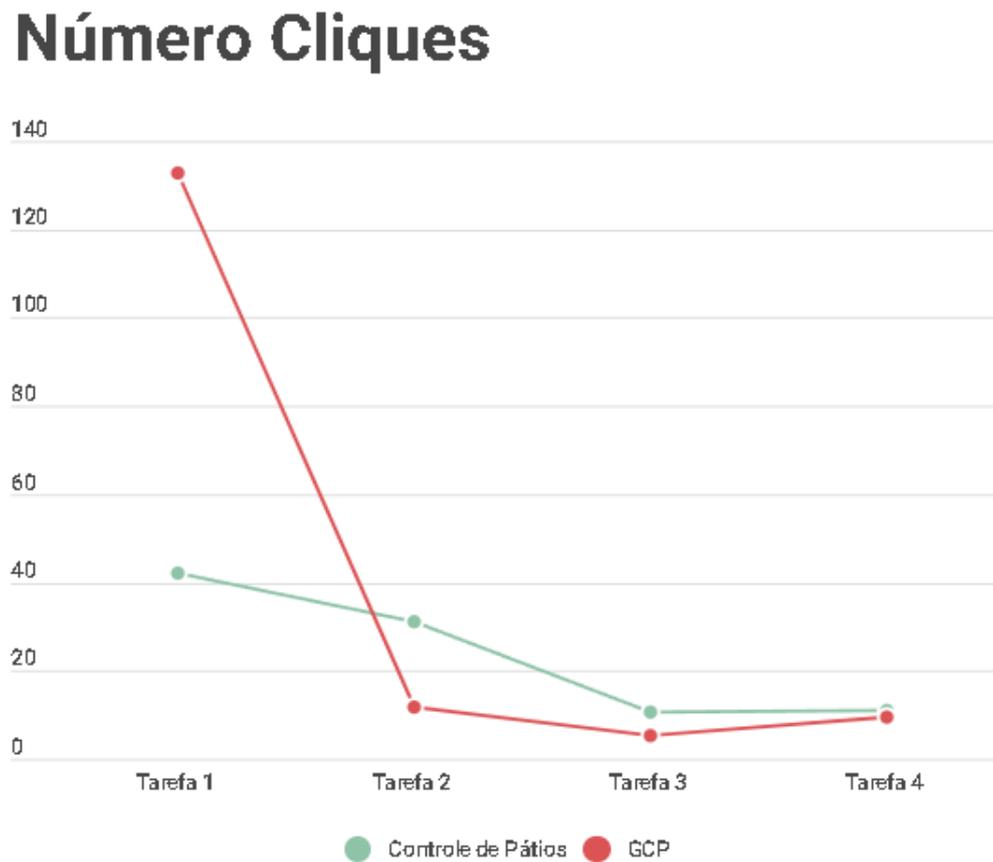


Figura 6.9: Comparação entre o sistema Controle de Pátios e GCP relacionado ao número de cliques



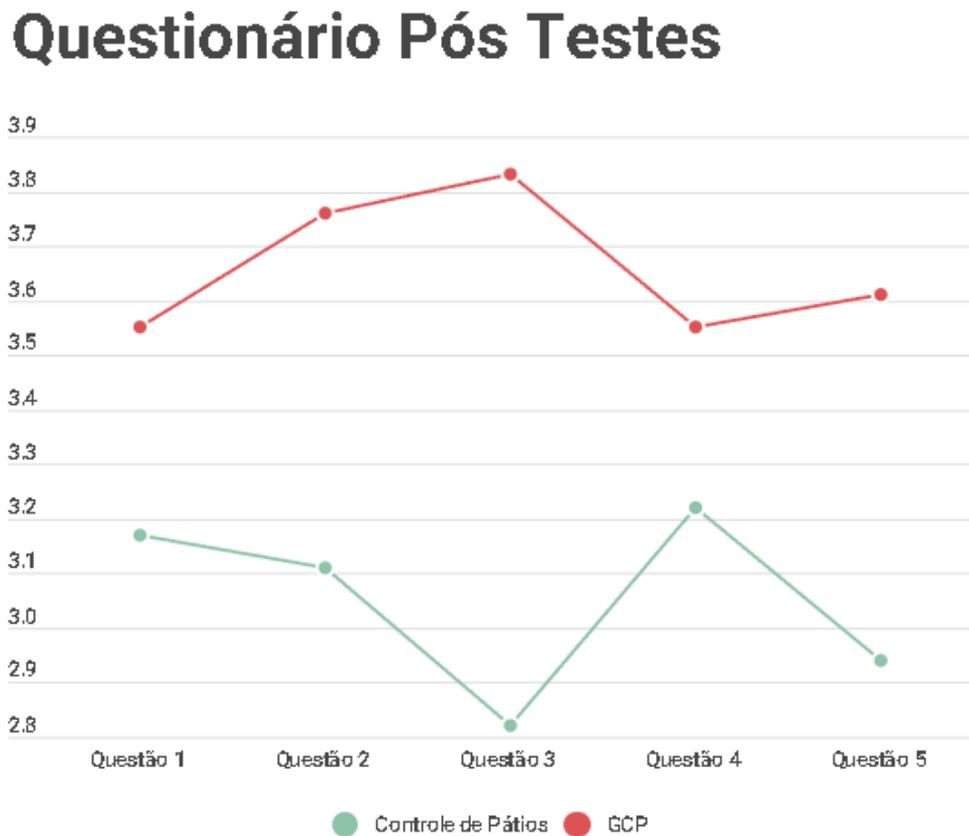
A análise dos resultados proporcionou uma compreensão precisa, revelando que a Tarefa 1 no GCP demandou o maior tempo e a maior quantidade de cliques. Essa observação pode ser atribuída à condição previamente mencionada, na qual o sistema carece de uma funcionalidade para a realização de buscas rápidas a veículos ferroviários (locomotivas e vagões). Excluindo a Tarefa 1, evidencia-se que o desempenho do GCP, tanto em termos de tempo de execução das tarefas quanto de número de cliques, revelou-se mais eficiente em comparação ao Controle

de Pátios. Esta constatação sugere que a interação por meio de manipulação direta apresenta-se como uma abordagem promissora, possibilitando a execução de funcionalidades em menos tempo e com menor quantidade de cliques.

No que se refere aos erros cometidos pelos participantes durante a execução das tarefas, constatou-se uma incidência relativamente baixa, com uma média inferior a 1. Nesse aspecto, ambos os sistemas apresentaram resultados semelhantes, indicando que a construção de suas interfaces é clara e pouco confusa. Essa clareza facilita a execução fluida das tarefas pelos usuários, sugerindo que a concepção das interfaces permite uma interação eficiente e minimiza a propensão a equívocos durante o uso.

Para a análise dos resultados provenientes do questionário pós-teste, empregou-se o cálculo do Ranking Médio, conforme previamente descrito nesta seção. As questões “Utilizaria o sistema com frequência”, “Facilidade em usar o sistema”, “Sistema de fácil aprendizagem e utilização”, “Conforto ao utilizar o sistema” e “O sistema é organizado” foram representadas nos gráficos subsequentes, identificadas, respectivamente, como “Questão 1”, “Questão 2”, “Questão 3”, “Questão 4” e “Questão 5”.

Figura 6.10: Resultado questionário pós-testes.



Como evidenciado no gráfico 6.10, o sistema GCP apresentou valores mais elevados do que o Controle de Pátios em todas as questões. Considerando que todas as respostas obtiveram valores superiores a 3,5, é possível inferir, de acordo com a perspectiva dos participantes, que o sistema GCP, que adota o estilo de manipulação direta, revelou-se mais agradável e de fácil utilização em comparação ao Controle de Pátios, que emprega o estilo por menus.

6.4 Considerações Finais

Na exposição deste capítulo, tornou-se evidente a importância da implementação de um teste de usabilidade para a comparação entre sistemas com diferentes estilos de interação. Por meio dos resultados, foi possível mensurar o desempenho comparativo entre os sistemas, identificando quais apresentaram melhor performance. Além das informações de desempenho, foram identificadas possíveis falhas de interface e funcionalidade nos sistemas, com base nos resultados obtidos. Não menos significativo, por meio das respostas do questionário pós-teste, foi possível levantar, segundo a opinião dos participantes, quais sistemas proporcionaram maior conforto e apresentaram maior facilidade de utilização. Essa abordagem integrada de avaliação contribuiu para uma compreensão abrangente da eficácia, usabilidade e aceitação do sistema pelos usuários.

7 Conclusões e Trabalhos Futuros

Para avaliar a eficácia do novo sistema desenvolvido, foi aplicado um Teste de Usabilidade com o objetivo de realizar uma análise da usabilidade da solução, comparando-a de maneira sistemática com o sistema Controle de Pátios. Essa comparação entre a solução atual e o design do sistema anterior permitiu uma análise quantitativa robusta, fornecendo uma base sólida para validar a eficácia do novo design em termos de usabilidade percebida e desempenho real. Os resultados das métricas utilizadas nos testes indicaram que o sistema GCP revelou-se mais eficiente em relação ao Controle de Pátios para a execução das tarefas. Além dos dados dos testes, as respostas dos questionários revelaram que o sistema GCP apresentou-se promissor, pois, além de fornecer informações relevantes, demonstrou uma preferência mais acentuada entre os usuários. Em resumo, com base nos testes realizados, foi possível concluir que o sistema com estilo de manipulação direta se mostrou mais eficaz e intuitivo em comparação ao sistema que utiliza a interação por menu.

Limitações significativas são inerentes ao presente estudo experimental, sendo uma das principais a restrição relacionada ao tamanho da amostra. Composta por 18 participantes, a amostra, embora tenha proporcionado *insights* valiosos, pode limitar a generalização dos resultados para uma população mais ampla. A representatividade da amostra é uma consideração crucial ao interpretar os dados obtidos durante o teste de usabilidade dos sistemas GCP e Controle de Pátios. A diversidade de usuários e contextos de uso pode não ter sido totalmente abran-

gida, o que impõe cautela na aplicação indiscriminada dos resultados.

Os trabalhos futuros para este projeto abrangem duas direções cruciais. Primeiramente, a replicação do estudo experimental é imperativa para reforçar a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos. Ampliar a amostra de participantes e considerar diferentes contextos de uso proporcionará uma visão mais abrangente, o que permitirá avaliar a consistência e a generalização das descobertas, identificando padrões robustos que podem orientar futuros aprimoramentos no design.

Em segundo lugar, propõe-se a elaboração e aplicação de um modelo de processo de design específico para sistemas ferroviários de controle de pátios. Desenvolver um modelo que incorpore as melhores práticas de engenharia cognitiva, interação por manipulação direta e considerações específicas da indústria ferroviária. Esse modelo pode servir como um guia estruturado para o desenvolvimento de futuras iterações do sistema, assegurando uma abordagem sistemática e centrada no usuário desde as fases iniciais até a implementação final. A aplicação prática desse modelo na indústria permitirá avaliar sua eficácia em ambientes do mundo real, contribuindo para a evolução contínua da usabilidade e desempenho dos sistemas ferroviários de controle de pátios.

Bibliografia

ADAM, M.; DAOUD, M.; FRISON, P. Direct manipulation versus text-based programming: An experiment report. In: *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (ITiCSE '19), p. 353–359. ISBN 9781450368957. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3304221.3319738>.

BARBOSA, S.; SILVA, B. *Interação humano-computador*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2010.

CARRILLO, A. L.; FALGUERAS, J. Goal driven interaction (gdi) vs. direct manipulation (md), an empirical comparison. In: *Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2015. (Interacción '15). ISBN 9781450334631. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2829875.2829892>.

CHUNG, L.; NIXON, B. A.; YU, E.; MYLOPOULOS, J. *Non-functional requirements in software engineering*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012. v. 5.

COOPER, A.; REIMANN, R.; CRONIN, D.; NOESSEL, C. *About face: the essentials of interaction design*. [S.l.]: E.U.A., California: IDG Books Worldwide, 1995.

FERNANDES, G. G. Paradigmas e avaliação de interface humano-computador: evolução, caracterização e ícones de interface computacional. 2005.

GALARNYK, M. *Understanding Boxplots*. 2019. Acesso em: 25/11/2023. Disponível em: <https://www.kdnuggets.com/2019/11/understanding-boxplots.html>.

GUEDES, G. T. *UML 2-Uma abordagem prática*. [S.l.]: Novatec Editora, 2018.

HAHN, J.; WIMMER, R. A prototypical photo sorting study design for comparing interaction styles. In: *Proceedings of Mensch Und Computer 2019*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (MuC'19), p. 689–693. ISBN 9781450371988. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3340764.3344892>.

HIX, D.; HARTSON, H. R. *Developing user interfaces: ensuring usability through product & process*. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 1993.

KAMMERSGAARD, J. Four different perspectives on human–computer interaction. *International Journal of Man-Machine Studies*, Elsevier, v. 28, n. 4, p. 343–362, 1988.

KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; BRERETON, P. *Evidence-based software engineering and systematic reviews*. [S.l.]: CRC press, 2015. v. 4.

NIELSEN, J. *Usability engineering*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1994.

NORMAN, D. A. Cognitive engineering. *User centered system design*, Lawrence, Erlbaum, NJ, USA, v. 31, p. 61, 1986.

O que é Chatbot. 2022. Disponível em: <https://www.funcao.com.br/2018/11/28/o-que-e-chatbot/>. Acesso em: 11 de outubro 2022.

ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. *Design de interação*. [S.l.]: Bookman Companhia Ed. Edição 1, 2005.

ROSSON, M. B.; CARROLL, J. M. *Usability engineering: scenario-based development of human-computer interaction*. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2002.

SHNEIDERMAN. *Designing the User Interface*. [S.l.]: 3a ed. Reading, MA: Addison Wesley, 1998.

VUILLEMOT, R.; PERIN, C. Sports tournament predictions using direct manipulation. *IEEE computer graphics and applications*, IEEE, v. 36, n. 5, p. 62–71, 2016.

A Apêndice

A.1 Requisitos Funcionais

Tabela A.1: Requisitos Funcionais

ID	Nome
RF1	Realizar login no sistema
RF2	Visualizar o desenho do pátio
RF3	Ter os comprimentos das localizações de acordo com a realidade do pátio
RF4	Ter acesso rápido a ocupação das linhas
RF5	Ter acesso rápido a um resumo de informações dos Blocos de veículos
RF6	Ter acesso a detalhes individuais de veículos
RF7	Ter acesso a um resumo de ocupação dos terminais de clientes
RF8	Movimentar veículos pelas linhas do pátio
RF9	Conseguir identificar rapidamente o sentido das locomotivas
RF10	Conseguir engatar e desengatar os veículos ferroviários

B Apêndice

B.1 Requisitos não Funcionais

Tabela B.1: Requisitos não Funcionais

ID	Nome
RFN1	O sistema deve ser aderente aos conceitos de Orientação a Objeto
RFN2	O sistema deve possuir a estrutura cliente/servidor.
RFN3	O sistema deve tratar a concorrência para inserir e atualizar registros.
RFN4	O sistema deve utilizar o banco de dados relacional.
RNF5	O login será feito com as credencias (matricula e senha) do funcionário.
RNF6	O sistema só poderá ser usado nos computadores da empresa.
RNF7	O sistema será desenvolvido em C++

C Apêndice

C.1 Especificação dos Requisitos Funcionais

Tabela C.1: Especificação requisito funcional RF1

ID	RF1
Nome	Realizar login no Sistema
Sumário	Autenticar o usuário
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	<p>Fluxo Principal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica para abrir o sistema. 2. O usuário informa a matrícula. 3. O usuário informa a senha. 4. O usuário executa o botão "Login". 5. O sistema valida as informações fornecidas 6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema.
Alternativas	<p>Alternativa ao passo 1</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema verifica que o usuário não tem acesso ao sistema. Ao tentar abrir o software, para realizar o login, uma mensagem de aviso é emitida e impossibilita o colaborador de abrir o programa. 2. O usuário clica no opção "OK" da mensagem de aviso <p>Alternativa ao passo 4</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema verifica que a matrícula ou senha do colaborador estão incorretas. Uma mensagem de aviso é informada para o usuário, indicando que os dados para estão incorretos. 2. O usuário clica no opção "OK" da mensagem de aviso
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida.
Exceções	A autenticação não pode ser concluída caso o usuário deixe de preencher algum campo

Tabela C.2: Especificação requisito funcional RF2

ID	RF2
Nome	Visualizar o desenho do pátio
Sumário	Visualizar o desenho do pátio
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	Fluxo Principal <ol style="list-style-type: none">1. O usuário clica para abrir o sistema.2. O usuário informa a matrícula.3. O usuário informa a senha.4. O usuário executa o botão "Login".5. O sistema valida as informações fornecidas6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema.7. A tela principal do sistema é apresentada para o usuário. Nela são apresentados as linhas dos pátios, assim como os veículos alocados nela.
Alternativas	
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida.
Exceções	

Tabela C.3: Especificação requisito funcional RF3

ID	RF3
Nome	Ter os comprimentos das localizações de acordo com a realidade do pátio
Sumário	Ter os comprimentos das localizações de acordo com a realidade do pátio
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	<p>Fluxo Principal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica para abrir o sistema. 2. O usuário informa a matrícula. 3. O usuário informa a senha. 4. O usuário executa o botão "Login". 5. O sistema valida as informações fornecidas 6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema. 7. A tela principal do sistema é apresentada para o usuário. Nela são apresentados as linhas dos pátios, assim como os veículos alocados nela. 8. O usuário poderá visualizar o comprimento real das linhas dos pátios.
Alternativas	
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida.
Exceções	

Tabela C.4: Especificação requisito funcional RF4

ID	RF4
Nome	Ter acesso rápido a ocupação das linhas
Sumário	Ter acesso rápido a ocupação das linhas
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	<p>Fluxo Principal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica para abrir o sistema. 2. O usuário informa a matrícula. 3. O usuário informa a senha. 4. O usuário executa o botão "Login". 5. O sistema valida as informações fornecidas 6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema. 7. A tela principal do sistema é apresentada para o usuário. Nela são apresentados as linhas dos pátios, assim como os veículos alocados nela. 8. O sistema ira recuperar a ocupação das linhas no banco de dados 9. O usuários localiza a linha do pátio que deseja visualizar a ocupação.
Alternativas	
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida e o sistema possui conexão com o banco de dados.
Exceções	O sistema não conseguiu acesso ao banco de dados

Tabela C.5: Especificação requisito funcional RF5

ID	RF5
Nome	Ter acesso rápido a um resumo de informações dos Blocos de veículos
Sumário	Ter acesso rápido a um resumo de informações dos Blocos de veículos
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	<p>Fluxo Principal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica para abrir o sistema. 2. O usuário informa a matrícula. 3. O usuário informa a senha. 4. O usuário executa o botão "Login". 5. O sistema valida as informações fornecidas 6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema. 7. A tela principal do sistema é apresentada para o usuário. Nela são apresentados as linhas dos pátios, assim como os veículos alocados nela. 8. O sistema ira recuperar a ocupação das linhas no banco de dados 9. O sistema ira desenhar os Blocos dos veículos (ilustrações retangulares) nas linhas dos pátios.
Alternativas	
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida e o sistema possui conexão com o banco de dados.
Exceções	O sistema não conseguiu acesso ao banco de dados

Tabela C.6: Especificação requisito funcional RF6

ID	RF6
Nome	Ter acesso a detalhes individuais de veículos
Sumário	Ter acesso a detalhes individuais de veículos
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	<p>Fluxo Principal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica para abrir o sistema. 2. O usuário informa a matrícula. 3. O usuário informa a senha. 4. O usuário executa o botão "Login". 5. O sistema valida as informações fornecidas 6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema. 7. A tela principal do sistema é apresentada para o usuário. Nela são apresentados as linhas dos pátios, assim como os veículos alocados nela. 8. O sistema ira recuperar a ocupação das linhas no banco de dados 9. O sistema ira desenhar os Blocos dos veículos (ilustrações retangulares) nas linhas dos pátios. 10. O usuário clicar no Bloco de veículos ferroviários. 11. O sistema informar uma lista com contendo informações dos veículos ferroviários(posição na linha do pátio, identificador, lotações e sigla do seu tipo).
Alternativas	
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida e o sistema possui conexão com o banco de dados.
Exceções	O sistema não conseguiu acesso ao banco de dados

Tabela C.7: Especificação requisito funcional RF7

ID	RF7
Nome	Ter acesso a um resumo de ocupação dos terminais de clientes
Sumário	Ter acesso a um resumo de ocupação dos terminais de clientes
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	<p>Fluxo Principal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica para abrir o sistema. 2. O usuário informa a matrícula. 3. O usuário informa a senha. 4. O usuário executa o botão "Login". 5. O sistema valida as informações fornecidas 6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema. 7. O sistema apresenta uma tabela com as informações dos terminais do pátio.
Alternativas	
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida e o sistema possui conexão com o banco de dados.
Exceções	O sistema não conseguiu acesso ao banco de dados

Tabela C.8: Especificação requisito funcional RF8

ID	RF8
Nome	Movimentar veículos pelas linhas do pátio
Sumário	Movimentar veículos pelas linhas do pátio
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	<p>Fluxo Principal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica para abrir o sistema. 2. O usuário informa a matrícula. 3. O usuário informa a senha. 4. O usuário executa o botão "Login". 5. O sistema valida as informações fornecidas 6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema. 7. O sistema ira desenhar os Blocos dos veículos (ilustrações retangulares) nas linhas dos pátios. 8. O usuário clicar no Bloco de veículos ferroviários. 9. O usuário movimente o Bloco ao longo da linha do pátio
Alternativas	
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida e o sistema possui conexão com o banco de dados.
Exceções	O sistema não conseguiu acesso ao banco de dados

Tabela C.9: Especificação requisito funcional RF9

ID	RF9
Nome	Conseguir identificar rapidamente o sentido das locomotivas
Sumário	Conseguir identificar rapidamente o sentido das locomotivas
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	<p>Fluxo Principal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica para abrir o sistema. 2. O usuário informa a matrícula. 3. O usuário informa a senha. 4. O usuário executa o botão "Login". 5. O sistema valida as informações fornecidas 6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema. 7. O sistema ira desenhar os Blocos dos veículos (ilustrações retangulares) nas linhas dos pátios. 8. O usuário identifica o Bloco da locomotiva. 9. O usuário verifica o sentido da seta, localizada na parte de baixo do Bloco de locomotivas.
Alternativas	
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida e o sistema possui conexão com o banco de dados.
Exceções	O sistema não conseguiu acesso ao banco de dados

Tabela C.10: Especificação requisito funcional RF10

ID	RF6
Nome	Conseguir engatar e desengatar os veículos ferroviários
Sumário	Conseguir engatar e desengatar os veículos ferroviários
Atores	Controladores de pátio
Pré-condição	Ter autorização para acessar o sistema
Descrição	<p>Fluxo Principal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica para abrir o sistema. 2. O usuário informa a matrícula. 3. O usuário informa a senha. 4. O usuário executa o botão "Login". 5. O sistema valida as informações fornecidas 6. O usuário acessa as informações e funcionalidades do sistema. 7. A tela principal do sistema é apresentada para o usuário. Nela são apresentados as linhas dos pátios, assim como os veículos alocados nela. 8. O sistema ira recuperar a ocupação das linhas no banco de dados 9. O sistema ira desenhar os Blocos dos veículos (ilustrações retangulares) nas linhas dos pátios. 10. O usuário clicar no Bloco de veículos ferroviários. 11. O sistema informar uma lista com contendo informações dos veículos ferroviários(posição na linha do pátio, identificador, lotações e sigla do seu tipo). 12. O usuário clicar no checkbox para realizar o engate/desengate dos veículos. 13. Ao desengatar vagões, o Bloco original será dividido em dois. Ao engatar dois veículos os Blocos destes serão unificados.
Alternativas	
Pós-condições	A tela principal do sistema é exibida e o sistema possui conexão com o banco de dados.
Exceções	O sistema não conseguiu acesso ao banco de dados

D Apêndice

D.1 Especificação dos Requisitos não Funcionais

Tabela D.1: Especificação requisito não funcional RFN1

ID	RF1
Nome	O sistema deve ser aderente aos conceitos de Orientação a Objeto
Categoria	Arquitetura
Prioridade	Importante
Descrição	O desenvolvimento do sistema dever seguir a arquitetura orientada a objetos.

Tabela D.2: Especificação requisito não funcional RFN2

ID	RF2
Nome	O sistema deve possuir a estrutura cliente/servidor.
Categoria	Arquitetura
Prioridade	Importante
Descrição	A interface do sistema e as funcionalidades dos componentes gráficos ficam registrados na estrutura do cliente. As regras de negocio, a conexão com o banco de dados e a validação de login ficam registrados na estrutura do servidor.

Tabela D.3: Especificação requisito não funcional RFN3

ID	RF3
Nome	O sistema deve tratar a concorrência para inserir e atualizar registros.
Categoria	Arquitetura
Prioridade	Essencial
Descrição	O sistema desenvolvimento é transacional, sendo que a operação está concorrendo com outro processo do sistema a execução é cancelada, ocorrendo o rollback da alteração iniciada.

Tabela D.4: Especificação requisito não funcional RFN4

ID	RF4
Nome	O sistema deve utilizar o banco de dados relacional.
Categoria	Arquitetura
Prioridade	Importante
Descrição	O sistema utiliza um banco relacional para a persistência dos dados.

Tabela D.5: Especificação requisito não funcional RFN5

ID	RF5
Nome	O login será feito com as credencias (matricula e senha) do funcionário.
Categoria	Segurança
Prioridade	Essencial
Descrição	A autenticação no sistema deve ser feita a partira da validação da matricula e da senha de rede do colaborador da empresa

Tabela D.6: Especificação requisito não funcional RFN6

ID	RF6
Nome	O sistema só poderá ser usado nos computadores da empresa.
Categoria	Segurança
Prioridade	Essencial
Descrição	O sistema está salvo em um servidor da rede interna da empresa, sendo que, para acessá-la o computador deve ser da corporação.

Tabela D.7: Especificação requisito não funcional RFN7

ID	RF7
Nome	O sistema será desenvolvido em C++
Categoria	Arquitetura
Prioridade	Importante
Descrição	A linguagem de desenvolvimento utilizada para a criação do sistema foi a C++

E Apêndice

E.1 Prototipação utilizando a ferramenta *Balsamiq*

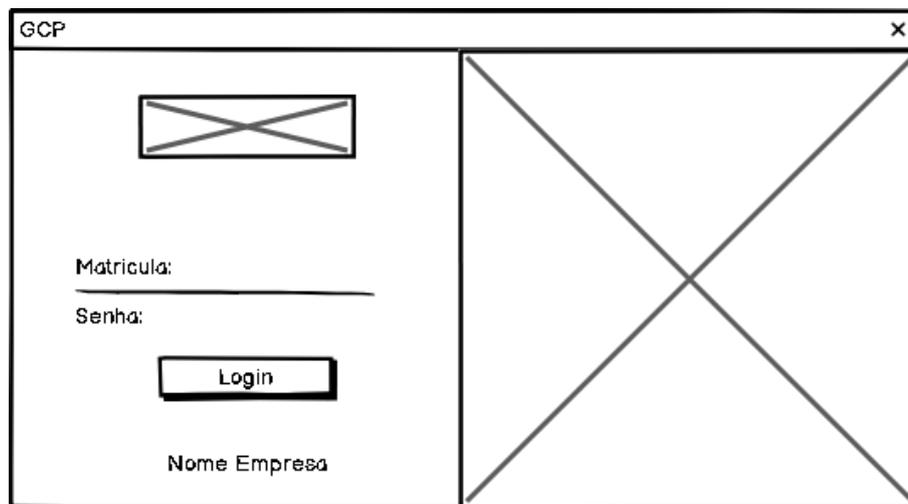


Figura E.1: Prototipação tela de login. Sistema GCP. Fonte: Autoria própria

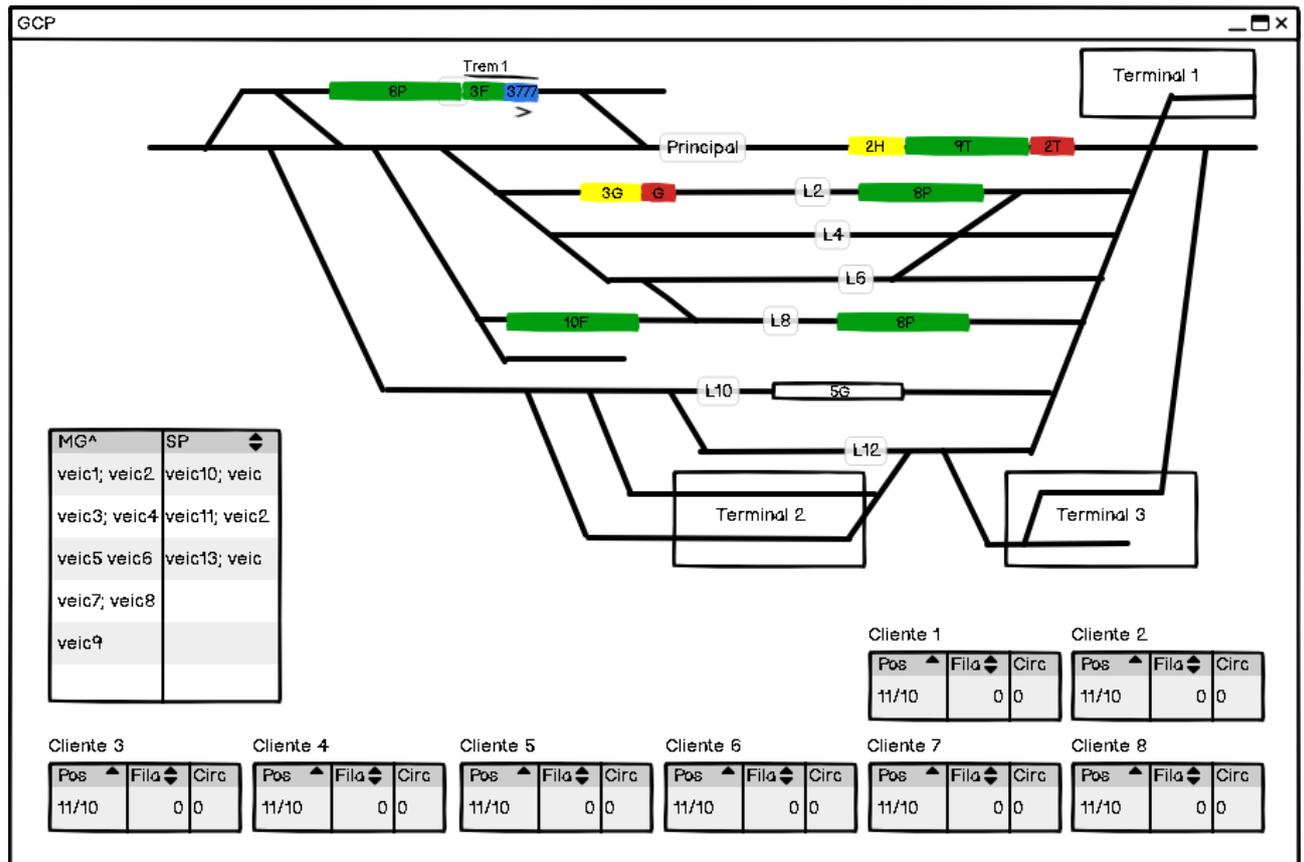


Figura E.2: Prototipação tela principal. Sistema GCP. Fonte: Autoria própria

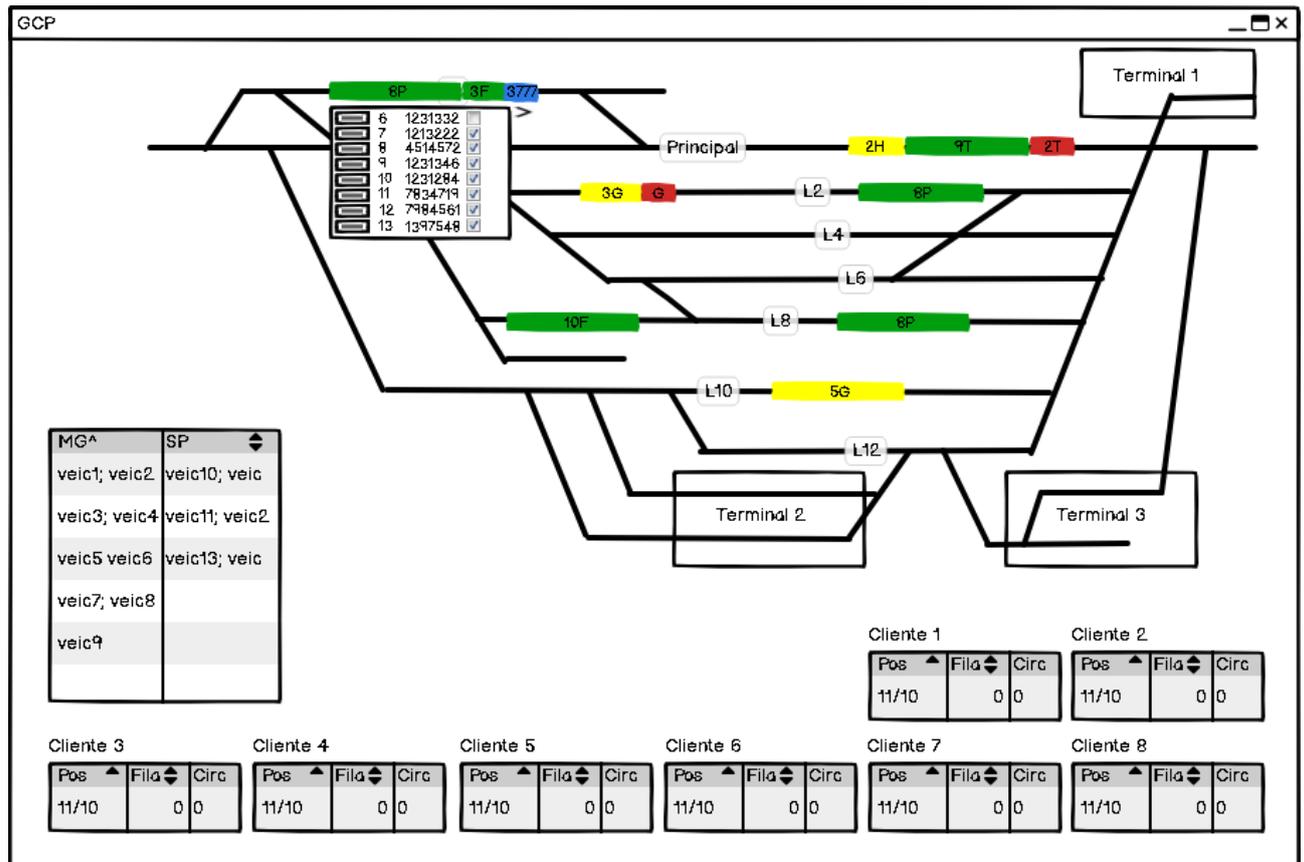


Figura E.3: Prototipação função de editar composição. Sistema GCP. Fonte: Autoria própria

F Apêndice

F.1 Testes Pós-testes

Avaliação Software

Avaliação Software

Este formulário tem o objetivo de coletar informações qualitativas a respeito da usabilidade do design de cada versão do sistema de monitoramento de malha ferroviária da empresa MRS Logística S.A. Usabilidade refere-se à facilidade do usuário aprender a utilizar e memorizar as funcionalidades do sistema bem como realizar com eficiência (em termos de tempo) as tarefas propostas, realizar as tarefas com segurança e confiança no sistema e ter uma boa experiência de uso, ou seja, ter conseguido realizar cada tarefa proposta sem dificuldades de interação com a interface do sistema.

*Indica uma pergunta obrigatória

1. Nome *

2. Design Analisado *

Marcar apenas uma oval.

Design Antigo

Design Novo

3. 1 - Acho que gostaria de usar este sistema com frequência. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

Avaliação Software

4. 2 - Achei o sistema desnecessariamente complexo *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

5. 3 - Achei o sistema fácil de usar. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

6. 4 - Achei que seria necessário o apoio de um técnico para poder usar este sistema. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

7. 5 - As funções deste sistema estavam bem integradas. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

Avaliação Software

8. 6 - Achei este sistema muito inconsistente. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

9. 7 - Imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a usar este sistema rapidamente. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

10. 8 - Achei o sistema muito complicado de usar. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

11. 9 - Eu me senti muito confiante com o sistema. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

Avaliação Software

12. 10 - Eu preciso aprender um monte de coisas antes de continuar usando este sistema. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

13. 11 - Eu me senti confortável com este sistema. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

14. 12 - Foi fácil encontrar a informação que eu precisava. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

15. 13 - Eu gostei de usar a interface do sistema. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

Avaliação Software

16. 14 - A interface do sistema é agradável. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

17. 15 - A organização de informações na tela do sistema é clara. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

18. 16 - Deixe a sua observação sobre a sua experiência de uso do sistema *

G Apêndice

G.1 Resultado das tarefas executadas no teste de usabilidade

Tabela G.1: Tempo execução nas tarefas no Sistema Controle de Pátios (projeto antigo)

Pessoa	Temp. Tarefa 1 (segundos)	Temp. Tarefa 2 (segundos)	Temp. Tarefa 3 (segundos)	Temp. Tarefa 4 (segundos)
Partic. 1	364	380	42	72
Partic. 2	202	221	31	27
Partic. 3	144	59	46	16
Partic. 4	341	59	61	13
Partic. 5	25	81	90	16
Partic. 6	170	469	60	40
Partic. 7	75	51	27	13
Partic. 8	89	75	28	28
Partic. 9	221	157	94	73
Partic. 10	101	194	27	21
Partic. 11	199	264	36	44
Partic. 12	263	582	41	33
Partic. 13	124	205	80	78
Partic. 14	223	234	23	21
Partic. 15	136	184	36	66
Partic. 16	194	155	38	27
Partic. 17	162	311	25	21
Partic. 18	250	198	31	32

Tabela G.2: Erros cometidos por tarefas no Sistema Controle de Pátios (projeto antigo)

Pessoa	Erro(s)	Erro(s)	Erro(s)	Erro(s)
	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3	Tarefa 4
Partic. 1	2	2	0	0
Partic. 2	1	1	0	0
Partic. 3	1	0	1	0
Partic. 4	2	0	0	0
Partic. 5	0	1	0	0
Partic. 6	1	2	0	0
Partic. 7	0	0	0	0
Partic. 8	0	0	0	0
Partic. 9	0	0	0	0
Partic. 10	0	0	0	0
Partic. 11	1	0	0	0
Partic. 12	1	1	0	0
Partic. 13	0	0	0	0
Partic. 14	1	3	0	0
Partic. 15	0	0	0	0
Partic. 16	0	0	0	0
Partic. 17	0	1	0	0
Partic. 18	1	1	0	0

Tabela G.3: Número cliques por tarefa no Controle de Pátios (projeto antigo)

Pessoa	Número Cliques Tarefa 1	Número Cliques Tarefa 2	Número Cliques Tarefa 3	Número Cliques Tarefa 4
Partic. 1	54	49	8	10
Partic. 2	47	37	12	15
Partic. 3	32	11	11	13
Partic. 4	58	25	15	7
Partic. 5	29	18	18	12
Partic. 6	31	42	8	8
Partic. 7	31	19	9	7
Partic. 8	29	20	10	19
Partic. 9	36	16	18	18
Partic. 10	21	31	6	8
Partic. 11	43	35	9	9
Partic. 12	52	44	22	15
Partic. 13	56	25	11	8
Partic. 14	60	42	9	7
Partic. 15	49	57	7	14
Partic. 16	59	33	13	8
Partic. 17	33	33	8	9
Partic. 18	38	20	7	10

Tabela G.4: Tempo execução nas tarefas no GCP (sistema reprojeto)

Pessoa	Temp. Tarefa 1 (segundos)	Temp. Tarefa 2 (segundos)	Temp. Tarefa 3 (segundos)	Temp. Tarefa 4 (segundos)
Partic. 1	303	35	72	22
Partic. 2	206	41	9	12
Partic. 3	65	36	7	11
Partic. 4	267	82	18	7
Partic. 5	489	27	33	9
Partic. 6	757	48	37	29
Partic. 7	689	38	21	11
Partic. 8	248	15	34	9
Partic. 9	835	150	19	23
Partic. 10	1059	29	11	23
Partic. 11	612	88	24	29
Partic. 12	687	20	12	76
Partic. 13	1049	150	21	35
Partic. 14	578	78	15	41
Partic. 15	414	45	19	18
Partic. 16	329	56	34	40
Partic. 17	677	33	11	16
Partic. 18	786	139	28	21

Tabela G.5: Erros cometidos por tarefa GCP (sistema reprojeto)

Pessoa	Erros	Erros	Erros	Erros
	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3	Tarefa 4
Partic. 1	0	0	3	1
Partic. 2	0	0	0	0
Partic. 3	1	0	0	0
Partic. 4	0	1	0	0
Partic. 5	0	0	0	0
Partic. 6	0	0	0	0
Partic. 7	0	0	0	0
Partic. 8	0	0	0	0
Partic. 9	0	1	0	0
Partic. 10	0	0	0	0
Partic. 11	1	0	0	1
Partic. 12	0	0	0	1
Partic. 13	0	1	0	1
Partic. 14	0	1	0	1
Partic. 15	0	0	0	0
Partic. 16	0	1	0	1
Partic. 17	0	0	0	0
Partic. 18	0	1	0	0

Tabela G.6: Número cliques por tarefa no GCP (sistema reprojeto)

Pessoa	Número Cliques Tarefa 1	Número Cliques Tarefa 2	Número Cliques Tarefa 3	Número Cliques Tarefa 4
Partic. 1	63	12	24	12
Partic. 2	38	15	8	8
Partic. 3	17	13	11	14
Partic. 4	55	23	6	5
Partic. 5	170	8	6	6
Partic. 6	173	8	4	5
Partic. 7	209	8	5	7
Partic. 8	55	8	7	11
Partic. 9	119	16	2	10
Partic. 10	189	8	5	9
Partic. 11	215	9	6	11
Partic. 12	179	7	3	19
Partic. 13	209	20	5	9
Partic. 14	121	11	5	14
Partic. 15	145	17	5	9
Partic. 16	106	10	5	12
Partic. 17	202	8	7	9
Partic. 18	128	24	8	9

H Apêndice

H.1 Resultados dos questionários pós-testes

Tabela H.1: Respostas questionário pós-testes Controle de Pátios (projeto antigo)

Pessoa	Utilizaria o sist. com frequência	Facilidade em usar o sistema	Sist. de fácil aprendizagem de utilização	Conforto ao utilizar o sist.	O sist. é organizada
Partic. 1	2	3	2	3	3
Partic. 2	3	3	2	1	3
Partic. 3	3	3	3	4	4
Partic. 4	5	5	6	5	5
Partic. 5	5	4	4	5	5
Partic. 6	3	2	2	1	1
Partic. 7	5	4	5	4	4
Partic. 8	3	3	3	3	3
Partic. 9	3	4	3	4	4
Partic. 10	3	3	4	4	2
Partic. 11	2	2	1	3	3
Partic. 12	3	3	4	2	2
Partic. 13	4	4	3	4	4
Partic. 14	3	2	2	3	2
Partic. 15	3	4	2	4	1
Partic. 16	1	2	2	2	1
Partic. 17	3	3	3	3	3
Partic. 18	3	2	3	3	3

Tabela H.2: Respostas questionário pré-testes GCP (sistema reprojeto)

Pessoa	Utilizaria o sist. com frequência	Facilidade em usar o sistema	Sist. de fácil aprendizagem de utilização	Conforto ao utilizar o sist.	O sist. é organizada
Partic. 1	3	4	3	4	4
Partic. 2	4	4	5	4	4
Partic. 3	4	5	4	5	4
Partic. 4	5	5	5	5	4
Partic. 5	4	4	5	4	5
Partic. 6	3	4	5	5	4
Partic. 7	4	4	5	4	5
Partic. 8	5	4	5	5	5
Partic. 9	4	2	2	2	2
Partic. 10	2	3	5	2	2
Partic. 11	2	4	2	3	2
Partic. 12	4	4	4	2	3
Partic. 13	3	3	4	3	5
Partic. 14	3	2	3	3	3
Partic. 15	1	5	1	2	1
Partic. 16	4	4	3	4	3
Partic. 17	5	4	4	4	5
Partic. 18	4	3	4	3	4