



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Eduardo Chagas de Oliveira

**Uma Proposta de Dicionário de Técnicas de Visualização da
Informação, Baseada em *Treemap***

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS

2018

Eduardo Chagas de Oliveira

**Uma Proposta de Dicionário de Técnicas de Visualização da
Informação, Baseada em *Treemap***

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Visualização da Informação

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cardoso

Coorientador: Prof. Dr. Edgard Lamounier

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

O48p
2018

Oliveira, Eduardo Chagas de, 1982-
Uma proposta de dicionário de técnicas de visualização da
informação, baseada em Treemap [recurso eletrônico] / Eduardo Chagas
de Oliveira. - 2018.

Orientador: Alexandre Cardoso.

Coorientador: Edgard Lamounier.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.915>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Engenharia elétrica. 2. Visualização da informação - Dicionários.
3. Representação do conhecimento (Teoria da informação). 4. Mineração
de dados (Computação). 5. Interpretação de imagens. 6. Interação
homem-máquina. I. Cardoso, Alexandre. II. Lamounier, Edgard. III.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica. IV. Título.

CDU: 621.3

2018

Eduardo Chagas de Oliveira

Uma Proposta de Dicionário de Técnicas de Visualização da Informação, Baseada em *Treemap*

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Ciências e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

Área de concentração: Visualização da Informação

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Cardoso

Orientador

Prof. Dr. Edgard Afonso Lamounier Júnior

Coorientador

Profa. Dra. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. José Remo Ferreira Brega

Universidade Estadual do Paulista

Prof. Dr. Igor Santos Peretta

Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Keiji Yamanaka

Universidade Federal de Uberlândia

Uberlândia, dezembro de 2018

Resumo

Interpretar e entender uma grande quantidade de dados são desafios dos usuários ao interpretar as técnicas de Visualização da Informação (VI), importante para possibilitar uma obtenção apropriada da informação através da visualização. A escolha da técnica de VI mais apropriada, antes de iniciar a resolução de um determinado problema visual, é primordial para obtenção de uma solução eficaz. A implementação da técnica envolve escolher também os componentes e a arquitetura que suportem as suas funcionalidades necessárias de maneira eficaz. Esta tese descreve uma abordagem de classificação das técnicas de Visualizações da Informação baseado em *treemap*, capaz de buscar e identificar a melhor técnica de visualização da informação para um determinado problema. A partir da *treemap* é possível elaborar estratégia em forma de um dicionário de técnicas de Visualização da Informação adequado. Primeiramente, o atual estado do campo de visualização é descrito e, então, são mostradas as regras e critérios utilizados na pesquisa desta tese, a fim de apresentar uma nova estratégia para apresentação de técnicas de visualização, capaz de destacar e priorizar as técnicas de interesse do usuário. Além disso, é apresentado um estudo de caso comparativo com as informações contidas em outro dicionário de técnicas de visualização, principal trabalho correlato, denominado Tabela Periódica de VI. A comparação se pauta na usabilidade e análise da complexidade cognitiva no tempo de execução de tarefas do usuário da busca da informação. Finalmente, uma avaliação dos resultados é apresentada, através de experimentos com usuários e análise comparativa entre as técnicas baseadas em *treemap* e na tabela periódica. Os resultados finais mostram que a *Treemap* de VI se apresenta como melhor opção de classificação com relação à usabilidade, disponibilidade e desempenho de busca, em relação aos demais trabalhos correlatos.

Palavras-chaves: Visualização da Informação, *treemap*, técnicas da visualização da informação, dicionários de visualização, tipos de visualização, resolução de problemas visuais, tarefas do usuário.

Abstract

The interpretation and understanding of large quantities of data are challenges for users when interpreting the Information Visualization (VI) techniques, which is important as it makes the appropriate acquisition of the information through the visualization possible. The choice of the most appropriate information visualization method before commencing with the resolution of a given visual problem is primordial to obtaining an efficient solution. The implementation of the model involves choosing components and the architecture that stands its necessary functions effectively. This thesis has as its objective to describe an information visualization classification approach based on treemap, which is able to identify the best information visualization model for a given problem. From the treemap it is possible to elaborate strategy in the dictionary form of adequate Information Visualization techniques. Firstly, the actual state of the visualization field is described, and then the rules and criteria used in our research a program evaluating a new strategy for the presentation of visualization techniques are shown, able of detach and prioritizing the user interest techniques. Besides this, a comparative case study is presented with the information contained in another techniques visualization dictionary, the main correlate, called the Periodic Table of VI. The comparison is based on the usability and analysis of the cognitive complexity in the execution time of the user tasks in the information search. Finally, an evaluation of the results is presented through the experiments conducted with users and a comparative analysis of the techniques based on Treemap and the Periodic Table. The final results show that the VI Treemap presents itself as the best classification option regarding usability, availability and search performance, in relation to the other correlates work.

Keywords: Information Visualization, information visualization models, visualization systems, visualization types, visualization problem solving, treemap.

Aos meus amados pais, Terezinha das Chagas
Pereira e Jair João de Oliveira.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, por tudo de bom que eu vivenciei e pelo percurso traçado em minha vida, junto à sua presença.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Cardoso e coorientador Prof. Dr. Edgard Afonso Lamounier Júnior, pela disponibilidade e acompanhamento exercido durante a construção da minha tese de doutorado e pelos esclarecimentos necessários para a obtenção de novos conhecimentos. Agradeço a constante orientação e apontamentos que contribuíram no meu crescimento profissional e pessoal. Seus ensinamentos foram fundamentais para a realização desse trabalho.

Agradeço também a todos meus mestres, que ajudaram neste período de aprendizagem.

Agradeço aos Profa. Dra. Carla Maria Dal Sasso Freitas, Prof. Dr. Keiji Yamanaka, Prof. Dr. Igor Santos Peretta e Prof. Dr. José Remo Ferreira Brega, pela participação na banca examinadora, pelas contribuições e correções realizadas nesta tese.

Aos funcionários do departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, que sempre me receberam muito bem.

Aos meus colegas de trabalho da Datawin pelo acompanhamento nos estudos e esforços para aplicar a teoria em atividades práticas em um ambiente de trabalho profissional, pelos desafios compartilhados e confiança na liderança da solução dos mesmos.

À Freeman, à Cemig, à Smartscan e à Fundação Fisk por criar novos desafios práticos e pela oportunidade de participação em seus projetos.

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a CGW (Computer Graphics Works) pelo apoio financeiro no projeto GT411.

À minha irmã Luciene Chagas de Oliveira, pelo incentivo, apoio e companheirismo. Agradeço à sua ajuda e dedicação nos dias de estudo e trabalho que

passamos juntos. Por me mostrar traços essenciais para a vida, por me tornar mais humano.

Aos meus pais Terezinha das Chagas Pereira e Jair João de Oliveira, e a minha irmã, Liliane Chagas de Oliveira, que mesmo à distância, mostraram-me apoio e solidariedade, principalmente nos momentos mais difíceis.

Às minhas filhas Laura e Júlia pelo grande incentivo e à minha esposa Lara de Oliveira Gonçalves pelo apoio e carinho.

Aos meus colegas de trabalho e aos alunos da Universidade de Uberaba (UNIUBE) por todo esforço, ajuda e companheirismo nas constantes atividades acadêmicas que tornam possível a formação contínua de engenheiros com competências nos processos computacionais.

A todas as pessoas queridas, amigos e parentes, que fazem parte da minha vida e a tornam completa.

A todos os meus colegas do laboratório de Computação Gráfica e Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, por me proporcionarem um maravilhoso ambiente de trabalho e por todo o apoio durante este período de convivência. Guardo com carinho ótimas recordações de todos vocês.

A todos que colaboraram de forma direta ou indireta na elaboração e construção desta tese.

Publicações Obtidas

Publicações em Capítulos de Livros

- OLIVEIRA, E.C.; ALEXANDRE, C.; LAMOUNIER, E.A.J.; OLIVEIRA, L.C.; MATTIOLI, L. **Meta-model of Information Visualization Based on Treemap**. Universal Access in the Information Society, (invited paper), 2016, ISSN: 1615-5289, 2016. doi: 10.1007/s10209-016-0477-9.
- OLIVEIRA, E.C.; ALEXANDRE, C.; LAMOUNIER, E.A.J.; OLIVEIRA, L.C.; MATTIOLI, L. **Meta-model of Information Visualization Based on Treemap**. In: New Contributions in Information Systems and Technologies, Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 353, pp. 57-68, (invited paper), 2015. doi: 10.1007/978-3-319-16486-1_6. ISBN: 978-3-319-16485-4, ISSN: 2194-5357.

Trabalho Completo Publicado em Anais de Congresso

- OLIVEIRA, E.C.; ALEXANDRE, C.. **Metamodelo de Visualização da Informação Baseado em Treemap**. In: Workshop de Teses e Dissertações em Ciência da Computação (WTDCC), Uberlândia, 2017.
- OLIVEIRA, E.C.; ALEXANDRE, C.; LAMOUNIER, E.A.J.; OLIVEIRA, L.C.; MATTIOLI, L. **Meta-model of Information Visualization Based on Treemap**. In: The 3rd World Conference on Information Systems and Technologies (WorldCIST'15), Portugal, 2015.
- ALEXANDRE, C.; LAMOUNIER, E.A.J.; OLIVEIRA, E.C.; OLIVEIRA, L.C. **A Proposal for a Meta-Information Visualization using Treemap**. In: The International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), v. 1, p. 247-252, 2014. ISSN: 9781-4799. ISBN: 978-1-4799-3009-8, doi 10.1109/CSCI.2014.49.

- ALEXANDRE, C.; LAMOUNIER, E.A.J.; OLIVEIRA, E.C.; OLIVEIRA, L.C. **Performance in Search Data Methods and Components for Information Visualization**. In: VI Congresso Tecnológico InfoBrasil, Fortaleza, 2014.
- OLIVEIRA, E.C.; ALEXANDRE, C.; LAMOUNIER, E.A.J.; OLIVEIRA, L.C. **Measure Performance of Information Visualization**. In: X Workshop de Visão Computacional, Uberlândia, 2014.

Sistemas Publicados na WEB

- Visualization Information. Version 9. Disponível em: <<http://www.visualization.information.cgwusa.com>>. Acesso em: 30 abr. 2017.
- Quiz de Comparação dos Dicionários de Técnicas de VI. Versão 2. Disponível em: <http://www.visualizationinformation.cgwusa.com/teste_comparacao_modelos.html>. Acesso em: 01 fev. 2018.
- Projeto SGF, Sistema de Gestão Fisk. Versão 34. Disponível em: <<http://www.fisk.com.br/sgf>> (Ambiente de produção do Fisk) e <<http://www.fisk.com.br/sgfhomolog>> (Ambiente de homologação do Fisk). Acesso em: 30 abr. 2017.
- Projeto CGW da Freeman. Versão 1. Disponível em: <<http://www.cgwusa.com>>. Acesso em: 30 abr. 2017.
- Projeto GT411 da Cemig. Versão 1. Disponível em: <<http://www.gt411.cgwusa.com>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

“Não tentes ser bem sucedido, tenta antes ser um homem de valor.”

Albert Einstein

Sumário

RESUMO	I
ABSTRACT.....	III
<i>Publicações em Capítulos de Livros.....</i>	<i>vii</i>
<i>Trabalho Completo Publicado em Anais de Congresso</i>	<i>vii</i>
<i>Sistemas Publicados na WEB</i>	<i>viii</i>
SUMÁRIO.....	1
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE SIGLAS.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVO PRINCIPAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.3 HIPÓTESE	19
1.4 METAS E MACRO ATIVIDADES	20
1.5 ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DESTA TESE	22
1.6 ORGANIZAÇÃO CONCEITUAL DESTA TESE	25
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	30
2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO	30
2.1.1 Atributos na Taxonomia da Visualização da Informação	31
2.1.2 Tarefas do Usuário na Visualização da Informação	38
2.1.3 Usabilidade nas Técnicas de Visualização da Informação.....	42
2.2 CONCEPÇÃO DA TÉCNICA TREEMAP	44
TRABALHOS CORRELATOS.....	46
3.1 CORRELATOS DE CLASSIFICAÇÃO DE TÉCNICAS DE VI POR DESEMPENHO E USABILIDADE.....	46
3.2 TRABALHOS CORRELATOS DE CLASSIFICAÇÃO DE TÉCNICAS DE VI POR DICIONÁRIOS	48
3.3 TABELA PERIÓDICA DA VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO.....	56
3.4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TRABALHOS CORRELATOS	62

ESTRATÉGIA DE DICIONÁRIO DE TÉCNICAS PARA VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO	65
4.1 <i>TREEMAP DE VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO</i>	65
4.2 METODOLOGIA E DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO	71
4.3 ANÁLISE DE COMPLEXIDADE COGNITIVA DO DICIONÁRIO DE TÉCNICAS DE VI	74
4.3.1 <i>Análise de Visualização dos Dicionários de Técnicas de VI</i>	75
4.3.2 <i>Análise de Resultados de Testes Práticos</i>	93
EVOLUÇÃO DO CONJUNTO DE TÉCNICAS E PRINCÍPIOS ORGANIZACIONAIS DO DICIONÁRIO	101
5.1 NOVAS FORMAS ORGANIZACIONAIS.....	102
5.1.1 <i>Análise das Formas de Organização de Busca do Dicionário.....</i>	103
5.1.2 <i>Mudanças Evolutivas no Dicionário Treemap de VI.....</i>	104
5.2 NOVAS TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO.....	110
5.2.1 <i>Técnica de Lista de Dados (Lista Simples).....</i>	111
5.2.2 <i>Técnica de Tabela ou Grade.....</i>	114
5.2.3 <i>Técnica de Calendário de Eventos</i>	130
5.2.4 <i>Técnica de Gráfico de Barras Horizontal.....</i>	134
5.2.5 <i>Técnicas e Componentes Gráficos de Relatórios Sintéticos</i>	135
5.2.6 <i>Técnicas do UML versão 2.0</i>	140
5.2.7 <i>Análise das Novas Técnicas de VI</i>	147
DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	160
6.2 USABILIDADE E DESEMPENHO NA VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO	160
6.2 EVOLUÇÃO DA TREEMAP DE VI	162
6.3 CONTRIBUIÇÕES.....	163
6.4 TRABALHOS FUTUROS	164
REFERÊNCIAS	165
CONCEITOS DE ARQUITETURA DE SISTEMA.....	174
ARQUITETURA DO SISTEMA WEB	177
PROPOSTA ARQUITETURAL	177
ELABORAÇÃO DA ARQUITETURA PROPOSTA	179

Lista de Figuras

FIGURA 1. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO PROCESSO DE VISUALIZAÇÃO.....	12
FIGURA 2. OBJETIVO PRINCIPAL DA TESE SEGREGADO EM OUTROS OBJETIVOS ESPECÍFICOS E SEUS INDICADORES.	19
FIGURA 3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	23
FIGURA 4. MAPA CONCEITUAL RESPONSÁVEL POR MODELAR A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DOS PRINCIPAIS CONCEITOS DESTA TRABALHO.	26
FIGURA 5. MAPA CONCEITUAL RESPONSÁVEL POR MODELAR OS CONCEITOS RELACIONADOS À ARQUITETURA DE SOFTWARE UTILIZADA NESTE TRABALHO.....	27
FIGURA 6. MAPA CONCEITUAL RESPONSÁVEL POR MODELAR AS TAXONOMIAS DE VI QUE INFLUENCIARAM NAS ANÁLISES DAS TÉCNICAS DE VI, DESTA TRABALHO.	28
FIGURA 7. MAPA CONCEITUAL RESPONSÁVEL POR MODELAR OS CONCEITOS UTILIZADOS NAS ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS DA TABELA PERIÓDICA DE VI.	29
FIGURA 8. OS SETE ATRIBUTOS VISUAIS DE JACQUES BERTIN.	32
FIGURA 9. ATRIBUTOS VISUAIS SEGUNDO CLEVELAND E MCGILL'S.	33
FIGURA 10. ACUIDADE DE PERCEPÇÃO DOS ATRIBUTOS VISUAIS, SEGUNDO MACKINLAY (1999).	34
FIGURA 11. ÁRVORE DE DECOMPOSIÇÃO DE TAREFAS VISUAIS DO USUÁRIO.	40
FIGURA 12. EXEMPLO DE ESTRUTURA DE <i>TREEMAP</i>	45
FIGURA 13. EXEMPLO DE DECOMPOSIÇÃO DE TÉCNICA POR ATRIBUTOS DE VISUALIZAÇÃO E TAREFAS DO USUÁRIO.....	48
FIGURA 14. PROTÓTIPO PROPOSTO POR MATSUI PARA ESCOLHA DOS ATRIBUTOS VISUAIS NA CRIAÇÃO DAS TÉCNICAS.....	51
FIGURA 15. <i>ReTINKING VISUALIZATION</i> , DICIONÁRIO DE YI ET AL, 2007.....	52
FIGURA 16. DATA-DRIVEN DOCUMENTS (D3.js).....	53
FIGURA 17. DICIONÁRIO TREEVIS.NET.....	54
FIGURA 18. DICIONÁRIO <i>VISUAL ILLUSIONS</i> DO <i>IMPOSSIBLE WORLD</i>	55
FIGURA 19. TABELA PERIÓDICA DAS TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO	58

FIGURA 20. TABELA PERIÓDICA DAS TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO, MANTENDO O FOCO NA TÉCNICA <i>TREEMAP</i>	59
FIGURA 21. TABELA PERIÓDICA DAS TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO, MANTENDO O FOCO NA TÉCNICA <i>ICEBERG</i>	60
FIGURA 22. <i>DRILLDOWNUP</i> DE “CONCEPT VISUALIZATION”	67
FIGURA 23. <i>DRILLDOWNUP</i> DE “CONCEPT VISUALIZATION – DETAIL AND OVERVIEW”	68
FIGURA 24. <i>TREEMAP</i> DE VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO.	69
FIGURA 25. <i>TREEMAP</i> DA VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO, MANTENDO FOCO NA TÉCNICA <i>TREEMAP</i>	71
FIGURA 26. <i>TREEMAP</i> DA VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO, MANTENDO FOCO NA TÉCNICA <i>AREA CHART</i>	71
FIGURA 27. DIAGRAMA DE ENTIDADE E RELACIONAMENTO DO QUIZ, NA FERRAMENTA MICROSOFT SQL SERVER.	73
FIGURA 28. DIAGRAMA DE ENTIDADE E RELACIONAMENTO DO DICIONÁRIO <i>TREEMAP</i> DE VI, NA FERRAMENTA MICROSOFT SQL SERVER.	74
FIGURA 29. TABELA PERIÓDICA DAS TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO.	76
FIGURA 30. DICIONÁRIO <i>TREEMAP</i> DE VI COM AS TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO ORGANIZADAS PARA RESOLVER O PROBLEMA DA TÉCNICA MAIS ADEQUADA PARA REPRESENTAR TEXTO DISSERTATIVO.	78
FIGURA 31. DICIONÁRIO <i>TREEMAP</i> DE VI DEPOIS DE REALIZADA A INTERAÇÃO DE <i>DRILLDOWNUP</i> NO GRUPO “CONCEPT VISUALIZATION” E SUBGRUPO “DETAIL AND OVERVIEW”	79
FIGURA 32. TÉCNICA “ <i>MINDMAP</i> ” EXEMPLIFICADA NO DICIONÁRIO DA TABELA PERIÓDICA DA VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO.	80
FONTE: (LENGLER; EPPLER, 2007). FIGURA 33. TÉCNICA “ <i>EVOCATIVE KNOWLEDGE MAP</i> ” EXEMPLIFICADO NO DICIONÁRIO DA TABELA PERIÓDICA DA VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO.	80
FIGURA 34. TÉCNICA “ <i>PERSPECTIVES DIAGRAM</i> ” EXEMPLIFICADO NO DICIONÁRIO DA TABELA PERIÓDICA DA VISUALIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO.	82
FIGURA 35. ANÁLISE DE ALGORITMO DA “ <i>STRATEGY VISUALIZATION</i> ” DA “ <i>PERIODIC TABLE</i> ”	84

FIGURA 36. ANÁLISE COGNITIVA - <i>STRATEGY VISUALIZATION</i> DA <i>TREEMAP</i> DE VI.	85
FIGURA 37. ANÁLISE COGNITIVA - <i>DATA VISUALIZATION</i> DA <i>TREEMAP</i> DE VI E TABELA PERIÓDICA DE VI.	88
FIGURA 38. ANÁLISE EVOLUTIVA SEQUENCIAL DO ALGORITMO GENÉTICO - POPULAÇÃO INICIAL.	91
FIGURA 39. ANÁLISE EVOLUTIVA SEQUENCIAL DO ALGORITMO GENÉTICO - PERCURSO INTERMEDIÁRIO.	92
FIGURA 40. ANÁLISE EVOLUTIVA SEQUENCIAL DO ALGORITMO GENÉTICO - PERCURSO FINAL.	92
FIGURA 41. SOLUÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO DO PERCURSO DO CAVALO NO JOGO DE XADREZ.	93
FIGURA 42. RESULTADO DOS TESTES - RESPOSTA DO QUESTIONÁRIO.	95
FIGURA 43. COMPARAÇÃO ENTRE OS DICIONÁRIOS <i>TREEMAP</i> DE VI E TABELA PERIÓDICA - PERCENTUAL DE ERROS POR PERGUNTA.	97
FIGURA 44. COMPARAÇÃO ENTRE OS DICIONÁRIOS <i>TREEMAP</i> DE VI E TABELA PERIÓDICA DE VI - PERCENTUAL DE ERROS POR ATRIBUTOS DE VISUALIZAÇÃO.	98
FIGURA 45. COMPARAÇÃO ENTRE OS DICIONÁRIOS <i>TREEMAP</i> DE VI E TABELA PERIÓDICA DE VI - TEMPO DE RESPOSTA POR PERGUNTA.	98
FIGURA 46. COMPARAÇÃO ENTRE OS DICIONÁRIOS <i>TREEMAP</i> DE VI E TABELA PERIÓDICA DE VI - TEMPO DE RESPOSTA POR ATRIBUTO VISUAL.	100
FIGURA 47. TÉCNICA DE VI DENOMINADA <i>VEE DIAGRAM</i>	106
FIGURA 48. NOVO GRUPO DE VISUALIZAÇÃO: "ILLUSION VISUALIZATION"	109
FIGURA 49. TÉCNICA VISUAL DE ILUSÃO EM OBJETO TRIDIMENSIONAL.	110
FIGURA 50. COMPONENTE DE MULTISELEÇÃO CUSTOMIZADO DO DOJO.	113
FIGURA 51. BUSCA BINÁRIA VISUAL ATRAVÉS DE DADOS EM LISTA ORDENADA E SEM ORDENAÇÃO.	113
FIGURA 52. COMPONENTE DE PAGINAÇÃO SOB DEMANDA DO DOJO NO SISTEMA SGF.	115
FIGURA 53. DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DA TÉCNICA DE BUSCA PAGINADA DE DADOS SOB DEMANDA.	119
FIGURA 54. COMPONENTE GRÁFICO EM HIERARQUIA CUSTOMIZADO DO DOJO, UTILIZADO NO SISTEMA SGF.	120

FIGURA 55. TÉCNICA DE GRADE HIERÁRQUICA DE AVALIAÇÕES DA TURMA DO SISTEMA SGF.	122
FIGURA 56. GRADE DE SUBESTAÇÕES NÃO ORDENADA DO SISTEMA RVCemig WEB.....	125
FIGURA 57. GRADE DE SUBESTAÇÕES DO SISTEMA RVCemig WEB, ORDENADA PELO NOME.	126
FIGURA 58. GRADE HORÁRIA NÃO ORDENADA.	127
FIGURA 59. DUAS GRADES COM INFORMAÇÕES DE TÍTULOS E BAIXAS SEPARADAS.....	128
FIGURA 60. COMPARAÇÃO REPRESENTATIVA DE INFORMAÇÕES DOS RESULTADOS DAS NOTAS DE ALUNOS	129
FIGURA 61. COMPONENTE GRÁFICO DE HORÁRIOS CUSTOMIZADO DO DOJO, CONSTRUÍDA NO SISTEMA SGF.	131
FIGURA 62. GRADE HORÁRIA ORDENADA.	132
FIGURA 63. TÉCNICA DE CALENDÁRIO.	134
FIGURA 64. TÉCNICA DE BARRAS DO VALOR DOS FATURAMENTOS DOS CURSOS DO SISTEMA SGF.....	135
FIGURA 65. COMPONENTE GRÁFICO DE RELATÓRIO DO DOJO, PARA APRESENTAR EM TEMPO REAL A EXECUÇÃO DE UM ALGORITMO GENÉRICO.	137
FIGURA 66. DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA PARA A TÉCNICA DE APRESENTAÇÃO DE RELATÓRIOS.	138
FIGURA 67. TELA DO RELATÓRIO DE POSIÇÃO FINANCEIRA DO SISTEMA WEB SGF.	139
FIGURA 68. RELATÓRIO DE POSIÇÃO FINANCEIRA DO SISTEMA WEB SGF.	140
FIGURA 69. EXEMPLO DE DIAGRAMA DE ENTIDADE E RELACIONAMENTO DO DICIONÁRIO DA TABELA PERIÓDICA DE VI.	142
FIGURA 70. EXEMPLO DE DIAGRAMA DE COMUNICAÇÃO DO DICIONÁRIO DA TABELA PERIÓDICA DE VI.....	143
FIGURA 71. EXEMPLO DE DIAGRAMA DE CASO DE USO DO UML.	144
FIGURA 72. EXEMPLO DE DIAGRAMA DE COLABORAÇÃO DO UML.	145
FIGURA 73. EXEMPLO DE DIGRAMA DE GRÁFICO DE ESTADOS DO UML.	146
FIGURA 74. EXEMPLO DE DIAGRAMA DE ATIVIDADES.....	147
FIGURA 75. RESULTADO DE TESTE DE DESEMPENHO DO COMPONENTE DE MULTISELEÇÃO.	149
FIGURA 76. RESULTADO DE TESTE DE DESEMPENHO DO COMPONENTE DE PAGINAÇÃO.	150

FIGURA 77. COMPONENTE DE TAG DO DOJO PARA REDUÇÃO DO ESPAÇO USADO DE FILTROS DE PESQUISA.	152
FIGURA 78. TELA INICIAL DO QUIZ.....	155
FIGURA 79. TELA DE PERGUNTAS DO QUIZ.	155
FIGURA 80. TELA DE RESPOSTAS DO QUIZ DE TÉCNICAS DE VI.....	157
FIGURA 81. ANÁLISE COMPARATIVA DO TEMPO POR COMPLEXIDADE COGNITIVA DAS QUESTÕES.....	157
FIGURA 82. ANÁLISE COMPARATIVA DOS ERROS POR COMPLEXIDADE COGNITIVA DAS QUESTÕES.....	159
FIGURA 83. CAMADAS DE USO ESPECÍFICO DA APLICAÇÃO E USO ESPECÍFICO DE NEGÓCIO DO SISTEMA SGF.....	180
FIGURA 84. CAMADAS DE MIDDLEWARE, INFRA-ESTRUTURA E SISTEMA DO SISTEMA SGF.	181
FIGURA 85. CAMADAS DE USO ESPECÍFICO DA APLICAÇÃO E USO ESPECÍFICO DE NEGÓCIO DO SISTEMA CEMIG.....	182
FIGURA 86. CAMADAS DE MIDDLEWARE, INFRA-ESTRUTURA E SISTEMA DO SISTEMA CEMIG.	183
FIGURA 87. CAMADAS DE USO ESPECÍFICO DA APLICAÇÃO E USO ESPECÍFICO DE NEGÓCIO DO SISTEMA FREEMAN.....	184
FIGURA 88. CAMADAS DE MIDDLEWARE, INFRA-ESTRUTURA E SISTEMA DO SISTEMA FREEMAN.	185
FIGURA 89. EXEMPLO DE DER DO SISTEMA WEB DA CEMIG, CRIADO COM A FERRAMENTA DO MICROSOFT SQLSERVER MANAGEMENT STUDIO.....	191
FIGURA 90. EXEMPLO DE DIAGRAMA DE CLASSES DO SISTEMA WEB DA CEMIG, CRIADO COM A FERRAMENTA ENTITY FRAMEWORK NO VISUAL STUDIO 2015.....	192

Lista de Tabelas

QUADRO 1. ESTUDO COMPARATIVO DOS TRABALHOS CORRELATOS.....	64
QUADRO 2. ATRIBUTOS VISUAIS QUE DEFINEM AS FORMAS DE VISUALIZAÇÃO NA <i>TREEMAP</i> DE VI.....	66
QUADRO 3. QUADRO DE AVALIAÇÃO DA TURMA ORDENADA PELAS COLUNAS “MOMENTO”, “AVALIAÇÃO” E ALUNO”.	123
QUADRO 4. QUADRO DE AVALIAÇÃO DA TURMA NÃO ORDENADA.....	124

Lista de Siglas

API	<i>Application Programming Interface</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
CNAB	Centro Nacional de Automação Bancária
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DER	Diagrama de Entidade e Relacionamento
FEBRABAN	Federação Brasileira de Bancos
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
GA	<i>Genetic Algorithm</i>
IHC	Interação Homem-Computador
IIS	<i>Internet Information Service</i>
MVC	<i>Model View Controller</i>
RV	Realidade Virtual
SGF	Sistema de Gestão Fisk
TO	<i>Transfer Objects</i>
TTT	<i>Task by Data Type Taxonomy</i>
URL	<i>Universal Resource Locator</i>
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
VI	Visualização da Informação
WEB	<i>World Wide Web</i> – Rede de abrangência mundial

Capítulo 1

Introdução

Atualmente, a quantidade de dados disponíveis nos sistemas de informação é incrementada de forma contínua e considerável, produzindo uma elevada quantidade de elementos de dados, os quais possuem os mais variados atributos. O mesmo ocorre em muitos domínios do conhecimento, fazendo com que as aplicações das técnicas tradicionais para a visualização e análise de dados se tornem insuficientes, complexos e ineficientes. Por exemplo, Healey (2000) detecta este problema, durante a busca pela informação:

Conjuntos de dados científicos são muitas vezes difíceis de analisar ou visualizar, devido ao seu grande tamanho e alta dimensionalidade. (...) Esses conjuntos de dados estão se tornando cada vez mais comuns; exemplos incluem resultados de simulações científicas, sistemas de informações geográficas, imagens de satélite e varreduras biomédicas. A esmagadora quantidade de informação contida nestes conjuntos de dados torna difícil a análise usando técnicas matemáticas ou estatísticas tradicionais. Também os torna difíceis de visualizar de maneira eficiente ou útil. (HEALEY, 2000, tradução nossa)

A área da Visualização de Informação (VI) trata como a informação é mostrada e sobretudo a sua manipulação e navegação, segundo definições de Kalbach (2009). Ela possui um crescente campo de pesquisa, que faz uso de um meio para converter a

representação de alguma informação para que o usuário possa utilizá-la de uma maneira mais acessível.

Lengler e Eppler (2007) definem um método ou técnica de visualização como um processo sistemático, baseado em regras, representação externa, permanente e gráfica que retrata a informação de uma forma que é propícia à aquisição de conhecimentos, o desenvolvimento de uma compreensão elaborada, ou comunicar experiências adquiridas:

Um método de visualização é uma representação gráfica sistemática, baseada em regras, externa e permanente que retrata as informações de uma forma que seja propícia à aquisição de *insights*, ao desenvolvimento de uma compreensão elaborada ou à comunicação de experiências. (LEGLER; EPPLER, 2007, tradução nossa)

A visualização fornece habilidades para compreender grande quantidade de informações e para resolver problemas com dados. Isso permite a percepção de padrões tais como características locais.

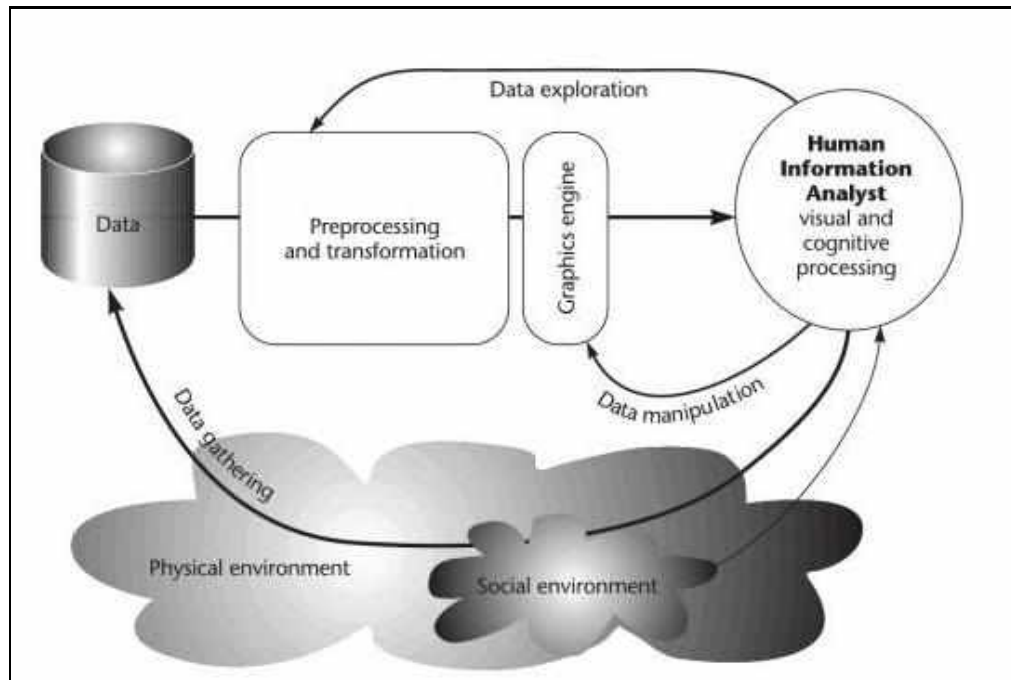
Segundo Colin Ware (2013), o processo de visualização inclui quatro estágios básicos, ilustrados na Figura 1:

- A coleção e armazenamento dos dados;
- O pré-processamento para transformar os dados em alguma informação que possa ser entendida;
- A visualização de informação através de algoritmos gráficos que produzem imagens na tela; e
- O sistema cognitivo de percepção humana.

Gupta (2000) também aponta a percepção e cognição como aspectos importantes a serem analisados pelo cérebro humano para atingir o desenvolvimento de sistemas inteligentes:

O cérebro humano, particularmente sua capacidade de percepção e cognição, é o modelo mais intrigante para o desenvolvimento de sistemas inteligentes. (GUPTA, A. M.; GUPTA, M. M., 2000, tradução nossa)

Figura 1. Diagrama esquemático do processo de visualização.



Fonte: (WARE, 2013, p. 4)

Um processo de VI deve buscar a melhor representação da informação para possibilitar a interpretação e o entendimento de uma grande quantidade de dados digitais que estão se tornando fáceis de adquirir com as novas tecnologias, por exemplo, a API (*Application Programming Interface*). Assim, em uma boa representação, a informação pode ser convertida em um conjunto de representações gráficas e deve ser aproveitada no entendimento da percepção humana:

Atualmente, qualquer tipo de informação digital em tempo real e em grande quantidade é de fácil acesso e é utilizada pela revolução da Internet em comparação com o passado. Em particular, o sistema de APIs no qual os usuários enviam uma solicitação HTTP para uma URL específica e obtêm uma resposta HTTP com conjuntos de dados de informações é usado por muitos desenvolvedores da web, pois pode ser controlado apenas por *scripts* de programação. Esses conjuntos de dados são refletidos instantaneamente nas aplicações web de interfaces com o usuário, de modo que os usuários podem obter informações em tempo real pela Internet. (MATSUI; YAMANOUCHI; SUNAHARA, 2011, tradução nossa)

O objetivo de um sistema de VI é propiciar condições para interpretar e compreender as informações, através de uma representação gráfica dos dados, possibilitando a aquisição de novos conhecimentos.

A quantidade de técnicas direcionada a Visualização da Informação aumentou nos últimos tempos devido à busca de novas soluções para problemas de complexa visualização das informações e a grande quantidade de informações disponíveis, conforme mencionado por Matsui (2011). Com isso, há um crescimento da exigência pela qualidade das técnicas e da escolha mais adequada da técnica de Visualização da Informação para solucionar o dado problema.

O processo de busca pela técnica é de suma importância e consiste também em um processo sistematizado de Visualização da Informação das técnicas de VI. Desse modo, para se buscar uma técnica apropriada para solução de um problema qualquer, é necessário entender os atributos visuais que possibilitam a busca da informação mais adequada para as possíveis técnicas de visualização, já então existentes.

Segundo Colin Ware (2013), um processo de VI tem como objetivo principal buscar a melhor forma de mapear as informações e limitar a quantidade de dados que serão apresentados para garantir a melhor percepção e cognição visual destas informações pelos usuários. A melhor forma de mapeamento está relacionada ao objetivo esperado pela representação da informação, seja pela facilidade de busca da informação, seja através da ênfase de determinadas informações em relação a outras ou através da organização das informações. Esta representação da informação é realizada através de busca de atributos visuais e técnicas de visualização.

Os atributos visuais, como cor, tamanho e posição, auxiliam o usuário na separação e identificação dos dados possibilitando uma busca rápida, mais interativa e de fácil manipulação da informação. As técnicas de visualização se distinguem umas das outras através do uso de seus atributos visuais, técnicas de interação e estruturas de visualização.

Com a finalidade de armazená-las de forma sistemática, pode-se definir dicionário de técnicas de VI como uma forma organizacional das possíveis técnicas de VI, que podem ser utilizadas como representação visual das informações ao usuário. Como artifício visual, é possível eleger algumas destas técnicas (como Mapa Mental, *Treemap* ou alguma técnica metafórica) como representação visual do dicionário. Desta forma, o dicionário irá armazenar diversas técnicas de VI e será representado por uma determinada técnica elegida.

Seguindo este caminho, a organização das técnicas de VI em forma de dicionário requer, além da estratégia de aplicação a partir de uma técnica elegida, uma metodologia que apure o esforço do usuário para interagir, navegar e manipular a informação. Este trabalho busca uma metodologia capaz de mensurar a eficiência, por exemplo, através de cada tarefa que o usuário realiza durante suas ações de interesse.

1.1 Motivação e Justificativa

Constitui a motivação para realização desta tese, o desafio de criar um dicionário que possua um processo capaz de possibilitar uma busca das técnicas adequadas para a Visualização da Informação, de acordo com a necessidade do usuário final.

Existem algumas tentativas de criação de dicionários de VI, como por exemplo, a Tabela Periódica da Visualização da Informação criada por Lengler e Eppler (2007). Entretanto, atualmente existe uma carência de dicionários que possuem uma estrutura de busca rápida, interativa e de fácil manipulação para busca das técnicas mais adequadas para solução dos problemas de VI e que possibilitam uma análise comparativa simultânea entre elas. Há também uma carência de sua associação a uma metodologia de tarefas visuais que possa mostrar a sua eficiência como relatado por Few (2007). Alguns autores como Hans-Jörg Schulz, Thomas Nocke, Maguns Heitzler e Heidrun Schumann (2013) consideram o problema ainda em aberto e que pode demandar um esforço útil:

A literatura contém uma riqueza de classificações, taxonomias e estruturas que descrevem essas tarefas: listas de descrições de tarefas verbais, modelos de tarefas matemáticas, coleções de tarefas específicas de domínio e combinações de tarefas procedurais em fluxos de trabalho. Todos estes servem ao respectivo propósito para o qual foram desenvolvidos. No entanto, na pesquisa, a questão sobre como consolidá-las sob o teto de um espaço de projeto comum ainda está em aberto, embora tenha sido demonstrado em menor escala que tal combinação em uma estrutura comum possa ser um esforço útil. (SCHULZ; NOCKE; HEITLER; SCHUMANN apud BECKS; SEELING e FUJISHIRO; FURUHATA; ICHIKAWA; TAKESHIMA, 2013, tradução nossa).

É possível facilitar a busca de técnicas mais úteis no desenvolvimento de componentes e sistemas para Visualização da Informação com a obtenção de um novo dicionário de técnicas de VI mais adequado que os existentes na literatura, encontrados no meio acadêmico, através de livros e artigos científicos.

Com o dicionário de técnicas de VI, a contribuição deste trabalho visa facilitar a outros desenvolvedores e profissionais da área de VI na escolha de técnicas mais aptas para desempenhar determinadas tarefas visuais que exigem desempenho na busca da informação e qualidade na compreensão dos dados. Consequentemente, este trabalho também contribui na qualidade do desenvolvimento das técnicas visuais dos softwares e Sistemas de Informações Gerenciais, quando a mesma se encontra em falta no dicionário.

A motivação secundária é contribuir com a pesquisa visual de usuários da Web, possibilitando também uma visualização mais rápida, usual, interativa e adequada às suas necessidades de negócio.

Desta forma, a construção do dicionário é justificada a partir do auxílio na pesquisa de técnicas de visualizações mais adequadas para se realizar análise de dados capaz de sintetizar e navegar em um grande volume de dados, por exemplo, na área de Inteligência Artificial. Görg et al (2013) mostra esta necessidade em seu trabalho de *Visual Analytics* como suporte para análise de inteligência:

Os analistas de inteligência devem explorar e avaliar volumes de dados, desde gravações narrativas de agentes de campo até artigos de notícias de código aberto. Compreende-se que projetos de análise visual e um cenário hipotético mostram o potencial da análise visual para auxiliar essas investigações. (GÖRG, CARSTN; KANG, Y.; LIU, Z.; STASKO, J., 2013, tradução nossa).

Outra área de atuação que corrobora com esta justificativa, consiste na Realidade Aumentada que depende das escolhas corretas das técnicas de VI e que podem auxiliar em uma representação adequada da informação para garantir qualidade na usabilidade e interatividade do usuário com esta tecnologia:

Uma área da Ciência da Computação que tem um grande potencial para contribuir com a educação infantil é realidade aumentada, também conhecida como RA. A principal razão para isso é a sua potencialidade para melhorar a qualidade da visualização da informação e sua interatividade. (ROBERTO, R.; FREITAS, D.; SIMÕES, F.; TEICHRIEB, V., 2013, tradução nossa)

Outras justificativas da concepção desta tese concernem com os estudos realizados durante a elaboração e construção de componentes de busca na Web para a biblioteca online do sistema de Realidade Virtual da CEMIG (RVCemig), descrito por Prado et. al. (2017) e também nos componentes de busca na Web do sistema SGF da Fundação Fisk e Smartscan, que contribuíram como prova de conceito para análise comparativa do desempenho de algumas técnicas da nova estratégia de dicionário de VI.

1.2 Objetivo Principal e Objetivos Específicos

O objetivo da concepção desta tese é investigar técnicas computacionais que sustentem a estratégia de técnicas de Visualização da Informação mais adequada que os dicionários propostos atualmente, principalmente ao quesito de usabilidade e desempenho de busca das técnicas no dicionário e possibilitar a análise comparativa simultânea entre as técnicas de VI.

Neste sentido, este trabalho apresenta a concepção, elaboração, construção e implantação de um sistema capaz de realizar testes comparativos entre técnicas de VI

e também a construção de um *framework* para visualização de informações baseado na lógica de *Treemap*, inspirada na técnica de outro dicionário intitulado aqui de Tabela Periódica de VI. Este *framework* pode ser visto como um dicionário que permite representar a visualização, interpretar e compreender as informações e possui uma estrutura de busca da informação simples e rápida. O sistema também deve ser capaz de comparar esses dois dicionários a partir de testes de usuários.

Durante a implementação deste dicionário de VI, objetiva-se o uso de componentes técnicos computacionais, como por exemplo, componentes Web, para fazer a busca dos dados e apresentá-los ao usuário. Assim, se faz necessário a escolha dos componentes Web que possam compor este dicionário, a fim de torná-lo um parâmetro de eficiência e eficácia para qualquer busca de técnicas de visualização. Da mesma forma, pode-se levantar a hipótese de que existem técnicas, assim como componentes Web, que se distinguem dos demais pelo desempenho na busca da informação.

Sendo assim, a finalidade é atender o público-alvo de desenvolvedores de sistemas Web, pesquisadores de técnicas de VI e outros que já conhecem os conceitos básicos de gráficos visuais e possam manipular a busca de técnicas em um determinado dicionário de técnicas de VI.

O objetivo geral desta tese é realizado através da dependência de quatro objetivos específicos:

- Representar todas as técnicas de VI do dicionário proposto de forma simultânea, sem exclusão e destacar aquelas de interesse do usuário, através de escolhas interativas com o mesmo. Isto é necessário para possibilitar uma análise comparativa entre elas;
- Comparar a proposta com outro(s) dicionário(s) já existente(s). A estratégia para que seja possível comparar a proposta com outro(s) dicionário(s) já existente(s) é reutilizar a mesma estrutura organizacional e técnicas de VI;

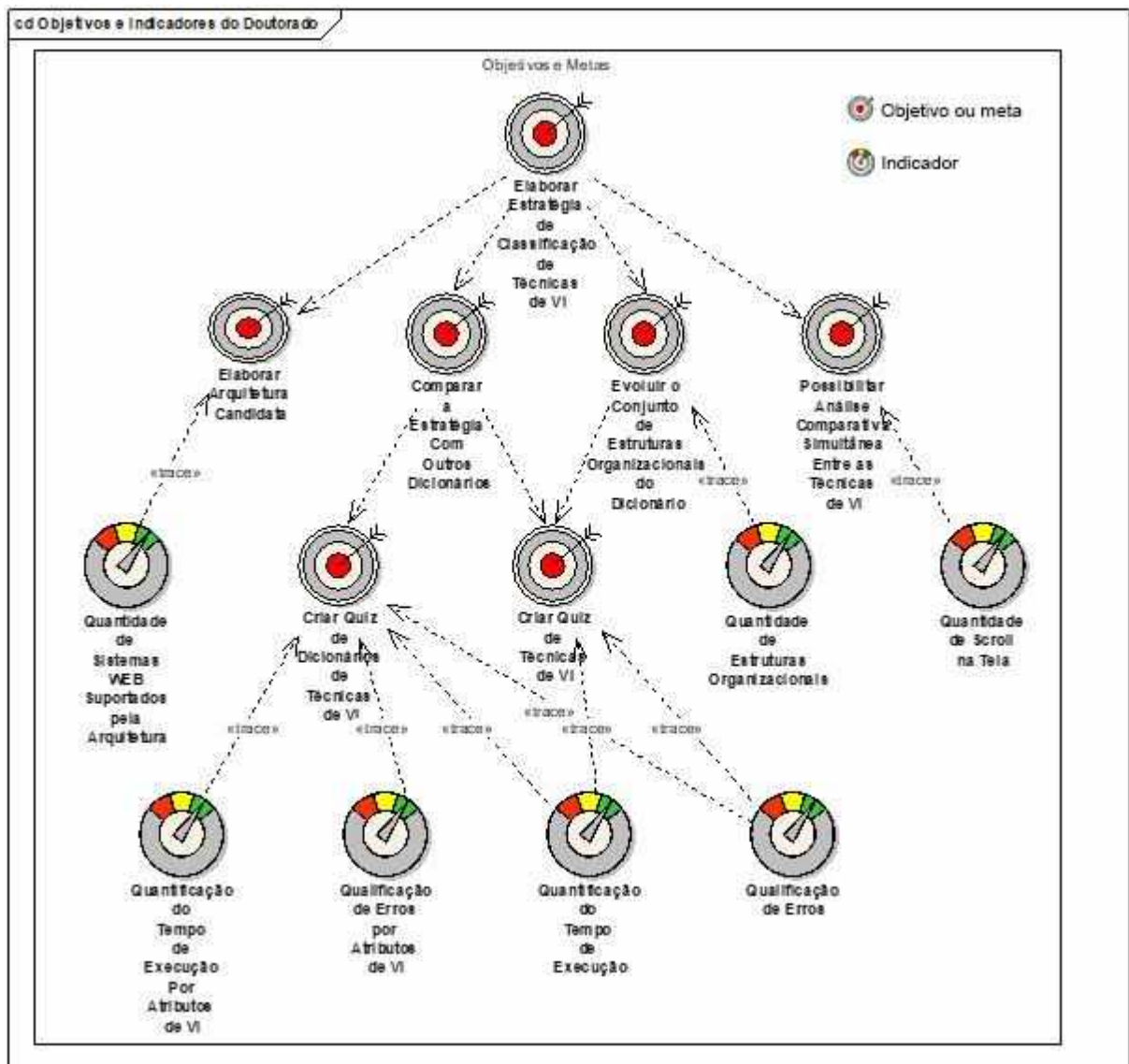
- Elaborar uma arquitetura candidata, capaz de suportar a elaboração, análise, construção e teste das técnicas de VI, bem como análise dos componentes que as dão suporte computacional; e
- Evoluir o conjunto de estruturas organizacionais do dicionário com o intuito de inclusão de novas técnicas de VI e também novos princípios organizacionais.

A partir da comparação, esta tese apresenta como finalidade incrementar o conjunto de técnicas dos dicionários existentes e evoluir a estrutura organizacional com a finalidade evolutiva do dicionário. Foram selecionadas algumas técnicas para serem incluídas no novo dicionário, ausentes nos outros trabalhos correlatos, como as técnicas mais utilizadas nos sistemas de informações gerenciais.

A Figura 2 mostra o objetivo principal e sua separação em outros objetivos específicos que colaboram para sua realização. Também há indicadores operacionais, estratégicos e táticos capazes de mensurar os objetivos específicos e, portanto, foram relacionados para manter a rastreabilidade como parte de suas metas a serem atingidas. Estes indicadores quantitativos e qualitativos serão detalhados no desenvolvimento e nas análises de resultados de testes deste trabalho.

Assim, outros objetivos são analisar, desenvolver e testar a hipótese de que existem técnicas de Visualização da Informação melhores ou mais adequadas que outras com relação ao desempenho na busca pela informação. Como resultado final, esta tese propõe um *framework*, na condição de um dicionário de VI, que possibilite ao usuário escolher, com maior rapidez, uma técnica mais apropriada ao desenvolvimento do seu sistema.

Figura 2. Objetivo principal da tese segregado em outros objetivos específicos e seus indicadores.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

1.3 Hipótese

Considerando que existem técnicas de Visualização da Informação melhores ou mais adequadas que outras em relação ao desempenho na busca pela informação, é hipótese desta tese:

H1. Há uma técnica de VI (*Treemap*) que pode ser utilizada para construir um dicionário de técnicas de VI que melhor as represente e que seja mais adequada nos aspectos de qualidade e desempenho de busca.

Esta hipótese compreende a elaboração de um dicionário de VI, expansível com relação à inclusão de novas técnicas de VI e com relação às formas organizacionais de pesquisa destas técnicas dentro do dicionário. Ela também inclui a criação de um dicionário de VI que permite visualização de todas as técnicas de forma simultânea, mesmo após as interações e pesquisa do usuário, para possibilitar a análise comparativa entre elas.

Assim, é possível conceber uma arquitetura que seja capaz de sustentar a organização deste dicionário das técnicas de VI por meio de uma técnica de VI candidata.

1.4 Metas e Macro Atividades

Várias outras atividades correlacionadas aos objetivos principal e específicos colaboram e podem ser apontadas também como realizadoras desse trabalho:

- Definir uma arquitetura de software capaz de suportar, utilizar e integrar os componentes das principais técnicas de Visualização da Informação. Estes componentes devem ser suficientes ao desenvolvimento de outros sistemas Web construídos em paralelo a este trabalho:
 - **Sistema de Gestão Fisk - SGF:** sistema de gestão das franquias da Fundação Fisk. O sistema SGF necessita de uma reestruturação arquitetural (migração da plataforma Desktop para Web) e visual, para adequação a novas técnicas de Visualização da Informação com mais usabilidade. Os principais quesitos são o desenvolvimento de componentes com melhor qualidade e desempenho;
 - **Sistema de Gerenciamento de Artefatos - SGA:** biblioteca de gestão de modelos e artefatos do sistema de realidade virtual RVCemig, responsável pela navegação nas 57 usinas e subestações da CEMIG.

Este trabalho busca criar e apresentar técnicas de VI para uma busca ágil e eficaz dos arquivos fontes e executáveis dos objetos 3D que compõe o seu sistema Desktop. Isto facilita o desenvolvimento de objetos similares aos que já foram criados e a manutenção evolutiva do sistema; e

- **Biblioteca Freeman:** biblioteca responsável por mostrar e controlar as versões dos projetos (*unity3d*) de RV da Freeman. O projeto visual desta biblioteca visa a elaboração e construção de arquitetura e técnicas de VI capazes de possibilitar a manutenção evolutiva do sistema, bem como sua visualização por módulos do sistema.
- Escolher os componentes necessários para implementar as técnicas mais usadas na Visualização da Informação, dentro deles, os mais utilizados em Sistemas de Informações Gerenciais;
- Implementar instâncias dos componentes das técnicas de VI mais usados;
- Testar as instâncias dos componentes das técnicas de VI mais usados;
- Comparar as instâncias dos componentes com relação ao desempenho e qualidade na Visualização da Informação;
- Verificar os principais problemas de cada componente implementado, suas vantagens e desvantagens;
- Implementar um software e elaborar uma arquitetura para este software para instanciar todos os componentes das técnicas de Visualização da Informação mais usados;
- Construir um dicionário de técnicas de Visualização da Informação;
- Implementar o software do dicionário;
- Testar o dicionário criado e comparar os resultados com os dicionários de técnicas de VI já existentes;
- Verificar e analisar os resultados finais de testes dos dicionários em busca do motivo de algum dicionário de técnicas de VI ser melhor que outro;
- Pesquisar os dicionários mais usados na Visualização da Informação;
- Eleger as técnicas mais adequadas para Visualização da Informação segundo as necessidades do usuário;

- Definir a lista de técnicas mais usadas na Visualização da Informação;
- Buscar os *frameworks* que possibilitam a implementação dos componentes das técnicas de VI mais usados;
- Compreender e analisar as características que podem garantir que uma determinada técnica de Visualização da Informação possa ser mais adequada à outra;
- Buscar métodos que possibilitam melhorar os componentes com relação ao desempenho e qualidade na Visualização da Informação;
- Eleger os dicionários mais adequados para a Visualização da Informação;
- Pesquisar os dicionários de técnicas de Visualização da Informação tradicionais; e
- Verificar se os dicionários já existentes são mais adequados para busca rápida da informação.

1.5 Organização Estrutural desta Tese

A organização estrutural deste trabalho pode ser dividida em três grandes fases:

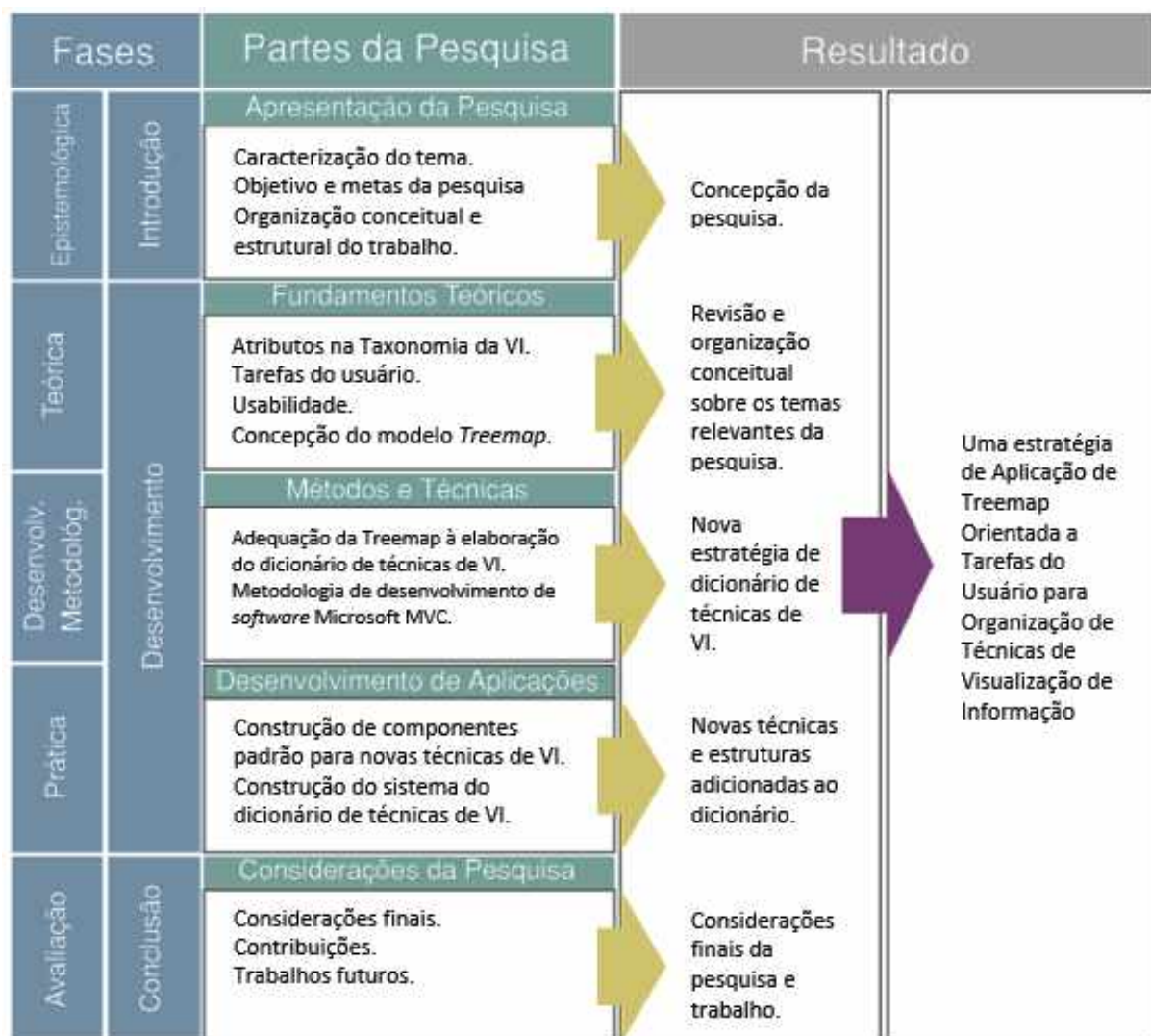
- **Introdução e Justificativa:** fase epistemológica que envolve a caracterização do tema a ser trabalhado, a criação de objetivos gerais e específicos, a criação das principais metas derivadas destes objetivos, bem como a organização conceitual e estrutural do trabalho. A organização estrutural do trabalho é apresentada de forma sintetizada a partir da Figura 3;
- **Desenvolvimento:** esta fase compreende um trabalho prático e teórico, orientada a partir de um desenvolvimento metodológico a fim de realizar o levantamento dos fundamentos teóricos necessários para análise e construção de um sistema, buscando resultados comprobatórios à hipótese nele lançada. O desenvolvimento e

implementação das técnicas e da ferramenta do dicionário estão inclusos na fase “Prática”; e

- **Conclusão:** fase que compreende a avaliação das considerações finais da pesquisa, suas contribuições ao público alvo e os trabalhos futuros que podem ser realizados a partir dela.

Desta forma, os capítulos deste texto seguiram a orientação desta organização estrutural com a finalidade de atingir o resultado não só de criação de um novo dicionário de técnicas de VI, bem como a criação e o reuso de técnicas de VI, reuso e evolução de estruturas organizacionais que possibilitam a classificação de técnicas de VI.

Figura 3. Organização do trabalho.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

De forma mais detalhada, o Capítulo 1 apresenta uma introdução e as justificativas que conceberam a criação desta tese. Serão apresentados os objetivos, metas, indicadores e as principais motivações que levaram a realização da tese.

O Capítulo 2 contém a fundamentação teórica da tese englobando, inicialmente, os conceitos e definições suficientes para a classificação da Visualização da Informação. Uma análise histórica e evolutiva destes conceitos, em sua ordem cronológica, mostra os fundamentos que podem ser utilizados para alcançar os objetivos desta tese. Conceitos de atributos, tarefas do usuário e usabilidade nas técnicas de Visualização da Informação auxiliam na organização dos seus princípios classificatórios, bem como na mensuração comparativa dos seus resultados em relação à qualidade e desempenho. Estes três conceitos são fundamentais para a tese, pois contemplam um processo de busca eficiente e eficaz de VI. Tais conceitos permitem medir o desempenho no processo cognitivo do usuário final. Ainda neste capítulo, é apresentada a técnica de *Treemap* e os seus conceitos básicos que possibilitaram a criação de uma estratégia em forma de um novo dicionário de técnicas de VI.

O Capítulo 3 apresenta os trabalhos correlatos e linhas de pesquisas próximas à proposta para mensurar a eficiência e eficácia das técnicas de VI. Também são apresentados trabalhos de dicionários de técnicas de Visualização da Informação já existentes, como é a proposta da tabela periódica da Visualização da Informação.

O Capítulo 4 descreve a estratégia de criação de um dicionário de técnicas de Visualização da Informação. Com relação à eficiência do dicionário, a análise comparativa entre o dicionário existente na literatura científica e o novo dicionário (criado e apresentado nesta tese) é realizada neste capítulo, juntamente com a execução de testes de desempenho de ambos e, finalmente, são apresentados os seus resultados. Para estudo e análise de desempenho do dicionário de técnicas de VI, algumas técnicas do dicionário foram concebidas, elaboradas e implementadas como prova de conceito de que algumas técnicas são mais adequadas que outras para determinada finalidade.

O Capítulo 5 contém a apresentação da evolução do conjunto de técnicas e princípios organizacionais do dicionário criado, diferente do dicionário existente na

literatura científica. Tais conjuntos de técnicas e princípios organizacionais foram mantidos na primeira proposta para que houvesse a possibilidade de realização de uma análise comparativa entre os dois dicionários. Para que algumas técnicas de VI possam ser aperfeiçoadas é preciso analisar e construir os seus componentes computacionais. Este capítulo também contempla a análise de alguns componentes computacionais das técnicas de VI que foram incorporadas no dicionário. A implementação deles deve fazer integração com outros componentes do sistema e sua organização deve seguir um projeto arquitetural.

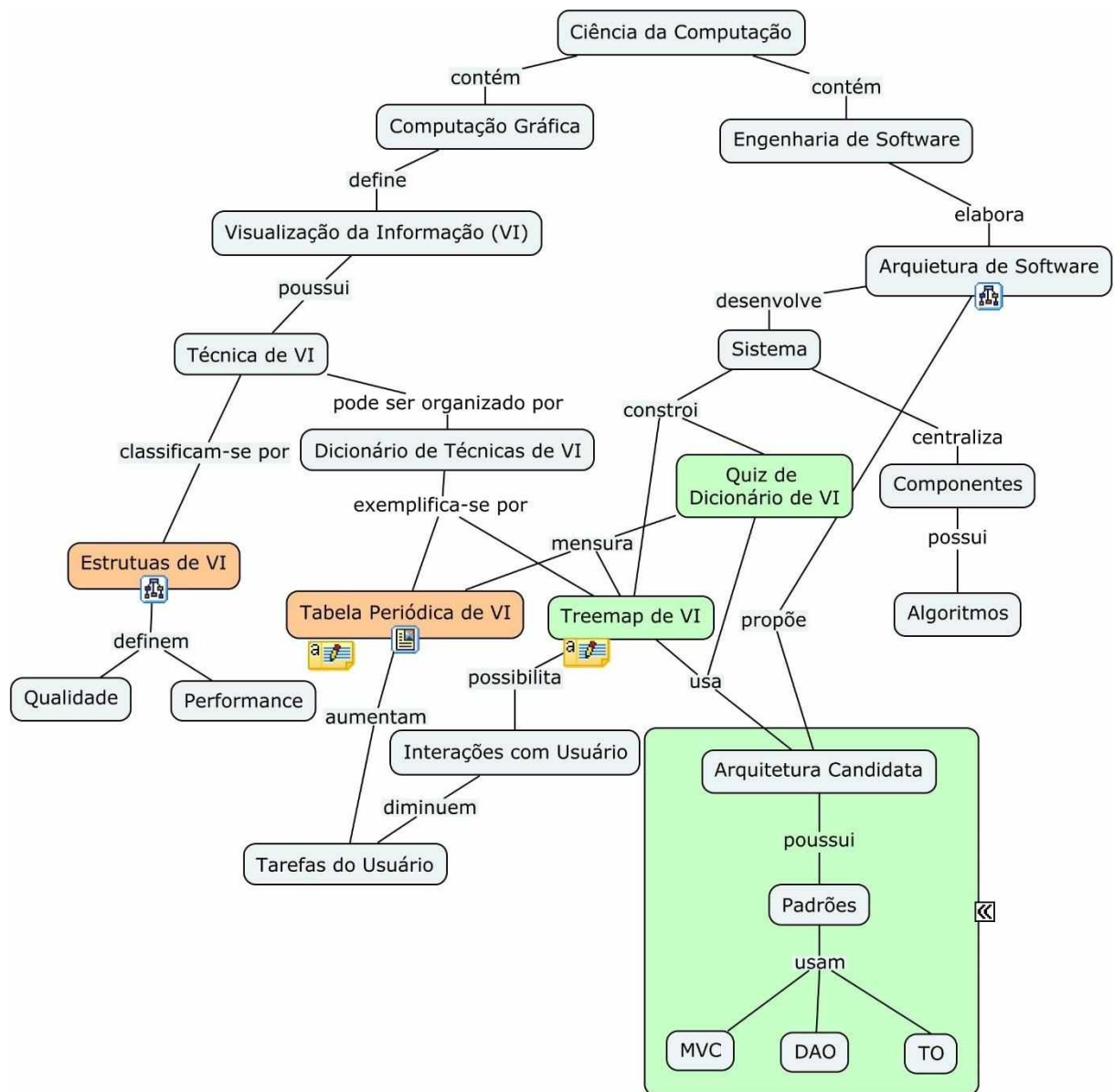
A arquitetura permite a organização dos pacotes e componentes necessários para o desenvolvimento de software. Os conceitos arquiteturais utilizados neste trabalho para dar suporte à implementação dos componentes visuais, bem como a sua arquitetura candidata escolhida, sua elaboração e construção são anexados no final deste trabalho, no Anexo 1 e Anexo 2. O desenvolvimento de sistemas de Quiz dos Capítulos 4 e 5, bem como o *framework*, em forma de técnica *Treemap*, do Capítulo 5, seguiram essa organização arquitetural.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões da tese, suas contribuições e, ainda, sugestões de trabalhos futuros que possam dar continuidade ao trabalho realizado.

1.6 Organização Conceitual desta Tese

Este trabalho envolve a relação de diversos conceitos da área da Ciência da Computação e outras áreas afins. Desta forma, se faz necessária uma organização conceitual para melhor entender de forma significativa os fundamentos teóricos, que foram utilizados e formulados para alcançar os resultados práticos neste trabalho. A organização conceitual desta tese é ilustrada pela Figura 4, que consiste no mapa mental principal deste trabalho, e está relacionada com outros modelos conceituais, denominados “Estruturas de VI”, “Arquitetura de Software” e “Classificação da Tabela Periódica de VI”, que serão vistos em seguida.

Figura 4. Mapa conceitual responsável por modelar a estrutura organizacional dos principais conceitos deste trabalho.



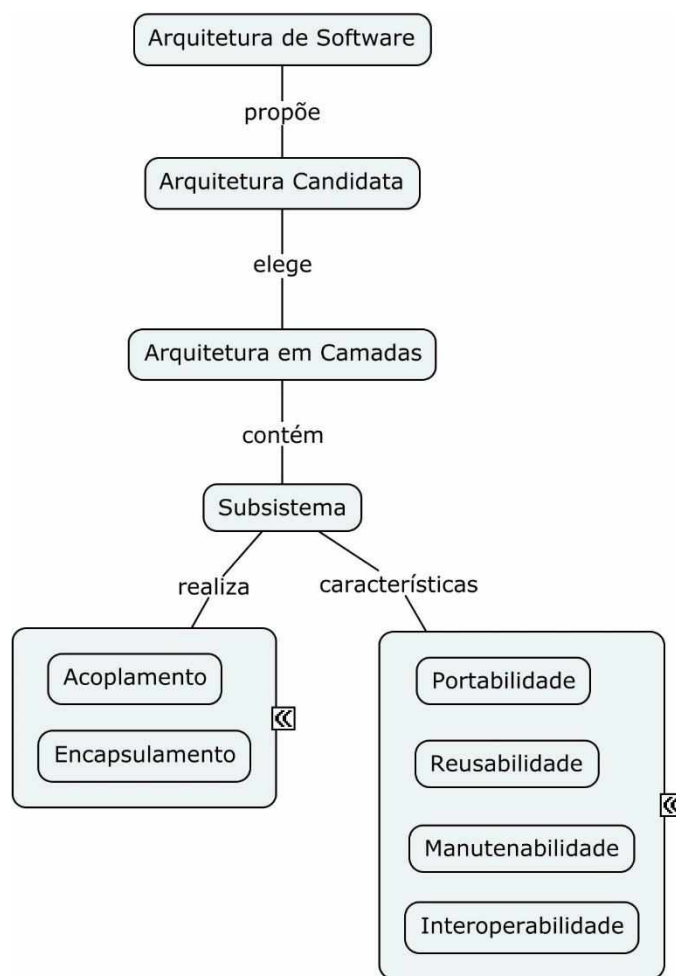
Fonte: (Elaborada pelo autor)

Os conceitos em verde são inéditos e criados pelo autor deste trabalho. O conceito “*Treemap* de VI”, destacado em verde na Figura 4, consiste no principal conceito elaborado por este trabalho. Ele é o sistema criado como proposta de novo dicionário de técnicas de VI. O outro conceito destacado em verde, “Quiz de Dicionário de VI” também é um sistema que foi criado para comparar os dois dicionários de técnicas de VI. Ambos sistemas possuem a mesma arquitetura, também elaborada pelo autor, sinalizada em verde. Na fase de Elaboração, antes do seu desenvolvimento, foi preciso analisar entre as diversas arquiteturas possíveis, aquela (“Arquitetura

Candiata”) que seria a mais adequada ao seu desenvolvimento. O desenvolvimento e implementação seguiu este resultado de análise.

Os conceitos destacados na cor laranja já existem e foram criados por autores que fizeram trabalhos correlatos a este. Por exemplo, as "Estruturas de VI" são conceitos utilizados por Shneiderman (1996) que, assim como outros autores, realizaram contribuições conceituais na história da taxonomia da informação.

Figura 5. Mapa conceitual responsável por modelar os conceitos relacionados à arquitetura de software utilizada neste trabalho.

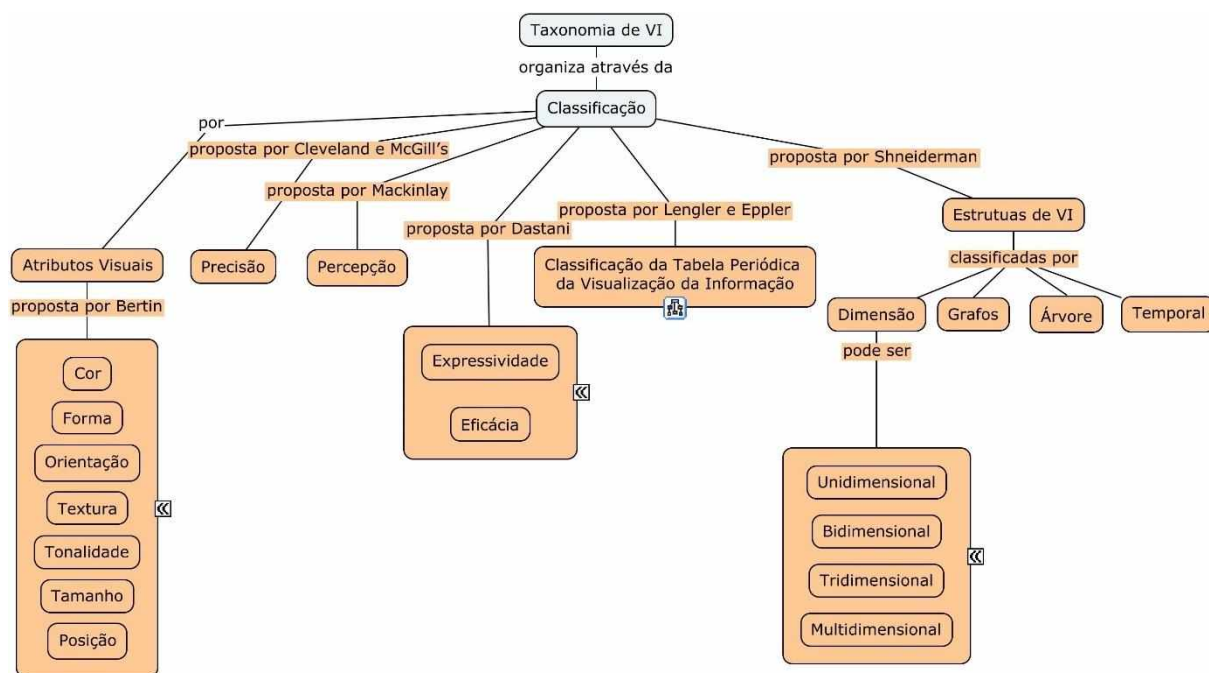


Fonte: (Elaborada pelo autor)

Em sequência dos mapas conceituais, como apresentado na Figura 5, a "Arquitetura de Software" consiste em um conceito importante e que possibilita o entendimento das características fundamentais dos componentes. Portanto, auxilia na sua implementação, na análise e em testes das técnicas visuais que serão incorporadas no dicionário.

Jacques Bertin (1983), Cleveland e McGill's (1984), Mackinlay (1999) e Dastani (2002) também colaboraram com conceitos na Taxonomia de VI fundamentais para análise comparativa de resultados realizada neste trabalho. Estes conceitos são ilustrados no mapa conceitual da Figura 6.

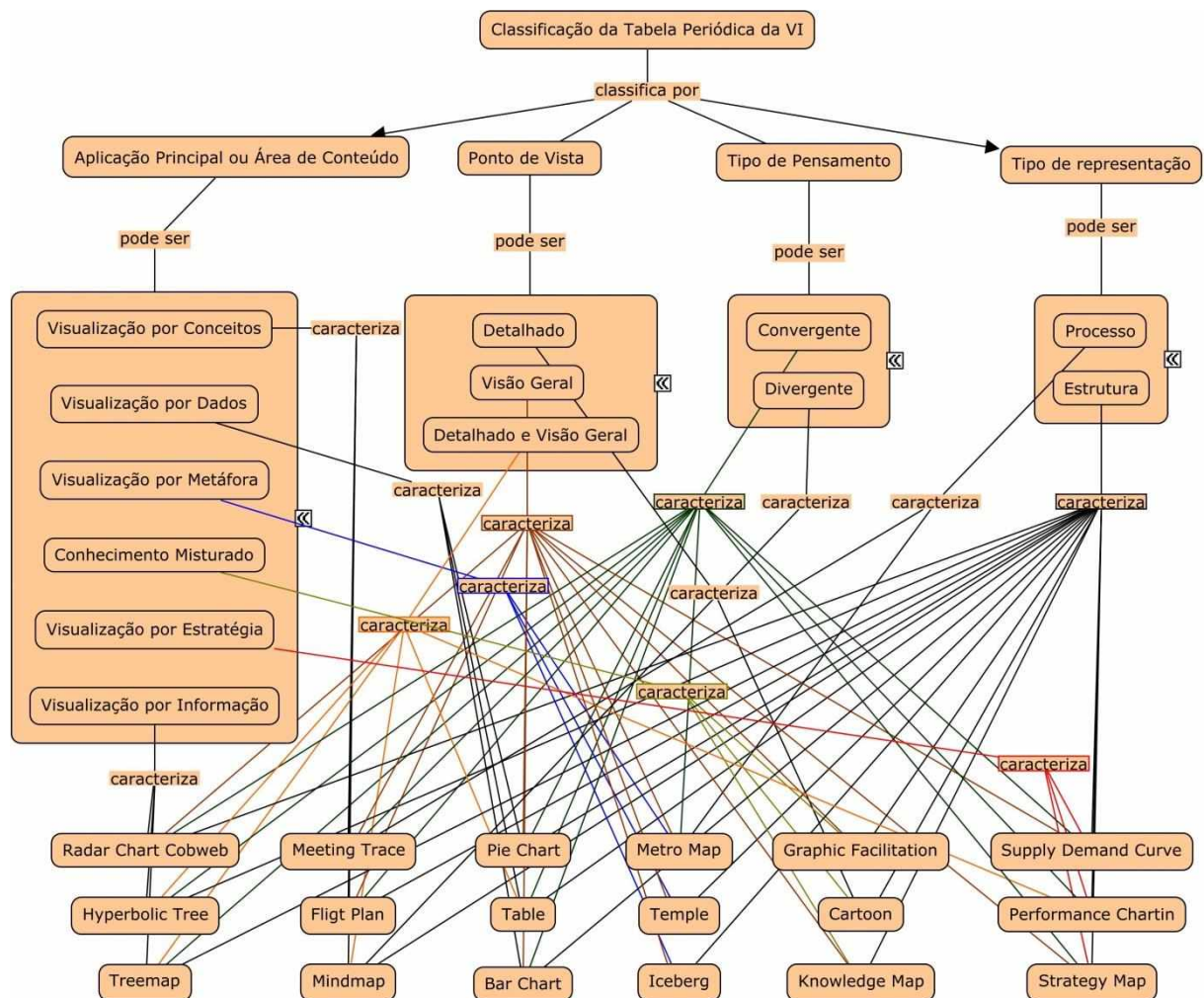
Figura 6. Mapa conceitual responsável por modelar as taxonomias de VI que influenciaram nas análises das técnicas de VI, deste trabalho.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Dentre os conceitos utilizados por outros autores, os de Lengler e Eppler (2007) se destacam como principal trabalho correlato e são ilustrados de forma mais detalhada a partir da Figura 7. Estes são os conceitos organizacionais que regem os fundamentos do dicionário da Tabela Periódica da Visualização da Informação e também da *Treemap* de VI. Não foram apresentadas todas as técnicas utilizadas nos dicionários, pois as relações utilizadas no mapa conceitual (utilizado na figura) não são adequadas para mostrar grandes quantidades de visualizações em diversas combinações. A visualização de apenas três técnicas de cada "Aplicação Principal ou Área de Conteúdo" já demonstra que a quantidade de ligações visuais degrada a qualidade e o desempenho na busca destas informações. O mapa conceitual se mostra ineficiente na busca da informação enquanto dicionário de VI, por este motivo.

Figura 7. Mapa conceitual responsável por modelar os conceitos utilizados nas estruturas organizacionais da Tabela Periódica de VI.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Entretanto, o mapa conceitual mostra, de forma adequada, as relações entre os conceitos utilizados pelos autores. Ele ajuda no entendimento da organização conceitual estrutural e, portanto, como foram desenvolvidas as relações de busca pela informação nos dicionários de VI. Todos estes conceitos serão utilizados e detalhados a partir do Capítulo 2 desta tese.

Fundamentação Teórica

O presente capítulo aborda os conceitos básicos que suportam o caminho percorrido para atingir o objetivo desta tese. Dessa forma, este capítulo apresenta como principal finalidade o levantamento histórico e teórico acerca dos atributos visuais utilizados para categorização das técnicas e componentes da VI, bem como a composição com novos atributos visuais que podem auxiliar na escolha de melhores componentes e técnicas. Com os conceitos de “Atributos Visuais” e “Tarefas do Usuário” é possível elaborar, analisar e criar técnicas e dicionários de técnicas mais eficientes.

2.1 Classificação das Técnicas de Visualização da Informação

As diversas técnicas de Visualização da Informação se distinguem umas das outras pelo uso de diferentes formas ou padrões de representação gráfica da informação, denominadas nesta tese como “atributos visuais” para classificação e organização gráfica da Visualização da Informação. Um exemplo de atributo é a organização visual de dados por cores, símbolos, tamanhos, etc.. Esses atributos são usados na taxonomia da informação e, também, para classificação das técnicas nos dicionários de técnicas de Visualização da Informação. Outra forma de classificar as técnicas de VI é através das tarefas visuais do usuário e da complexidade exigida na

Interação Homem-Computador (IHC) para manipular, explorar, reprocessar e transformar os dados da técnica.

É importante salientar que não há um processo determinístico ou caminho único para encontrar a técnica de VI capaz de resolver determinada situação. Como se tratam de interfaces gráficas com o usuário, é necessário partir das tarefas do usuário e da natureza dos dados para resolver o problema proposto por esta situação.

2.1.1 Atributos na Taxonomia da Visualização da Informação

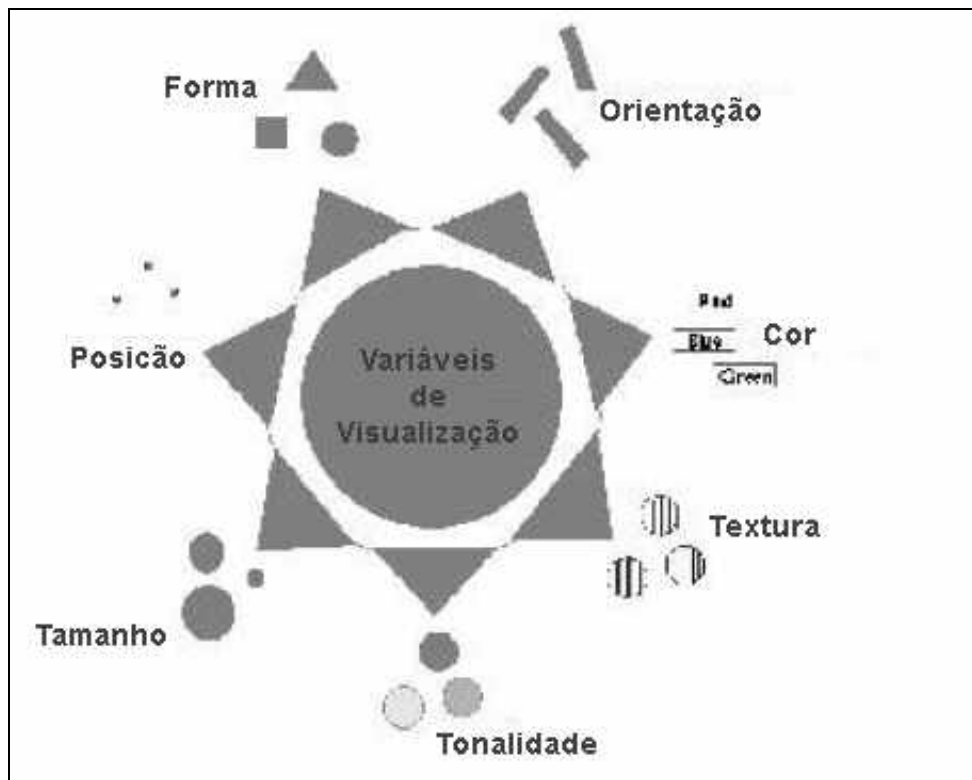
Segundo Ware (2013), a visualização explora principalmente o sentido da visão, sendo que na percepção visual devem existir representações adequadas considerando muitas das propriedades do sistema visual humano:

As visualizações têm um papel pequeno, mas crucial e em expansão, nos sistemas cognitivos. *Displays* visuais fornecem o maior canal de banda larga do computador para o homem. Nós adquirimos mais informações através da visão do que através de todos os outros sentidos combinados. (WARE, 2004, p.2, tradução nossa)

Na Visualização da Informação, existem vários atributos visuais para separação das diversas informações existentes, tais como forma, tamanho, cor, posição e símbolos. Existem atributos mais perceptivos que outros. Além disso, os dados podem estar organizados segundo esses atributos, em uma estrutura que possibilitam uma busca mais rápida, como por exemplo, estruturas hierárquicas.

Jacques Bertin (1983) classificou sistematicamente o uso de sete atributos visuais básicos fundamentais para representar qualquer informação gráfica e definir as relações entre os dados virtuais, dispostos na Figura 8.

Figura 8. Os sete atributos visuais de Jacques Bertin.



Fonte: (BERTIN, 1983 apud BRADLEY, 2013).

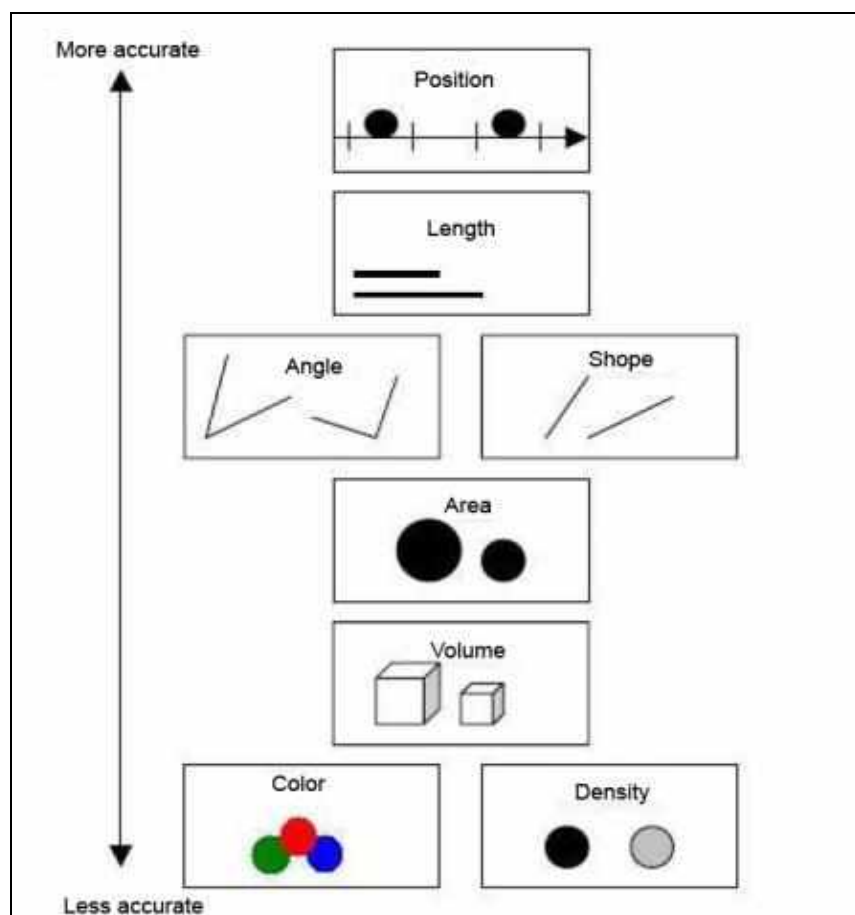
Jacques Bertin (1983) identificou sete variáveis visuais importantes: posição, forma, orientação, cor, textura, valor e tamanho. Uma característica essencial de qualquer *display* visual é que a atenção do público deve ser focada em um ponto principal. Qualquer uma dessas sete variáveis pode alcançar esse fim; o ideal é o trabalho conjunto entre todas. (BRADLEY, 2013, p. 349, tradução nossa)

A Figura 9 mostra que é possível classificar os atributos visuais em mais ou menos perceptíveis da forma quantitativa. Entretanto, alguns atributos possuem mais destaque a outros, comparativamente. Por exemplo, segundo o princípio de proeminência, elementos maiores que outros possuem mais visibilidade e, portanto, maior destaque visual. De acordo com Cleveland e McGill's (1984), a posição e o tamanho são atributos mais perceptíveis que os atributos de cor e a opacidade. Itens com cores ou contraste mais fortes atrairão maior atenção do usuário:

(...) 10 tarefas perceptivas elementares que as pessoas usam para extrair informações quantitativas de gráficos. (A saturação de cor não é ilustrada, para evitar o incômodo e a despesa da reprodução de cores.) O símbolo pictórico usado para cada tarefa deve ser sugestivo e pode não necessariamente invocar apenas essa tarefa se for exibido para um espectador. Por exemplo, um círculo tem uma área associada a ele, mas também tem um comprimento, e os círculos mostrados por uma pessoa podem julgar diâmetros ou circunferências em vez de áreas, especialmente se forem solicitados a fazê-lo. (CLEVELAND; MCGILL, 1984, tradução nossa)

Assim, para este autor, o grau de percepção entre os atributos é mostrado de acordo com a comparação quantitativa da informação.

Figura 9. Atributos visuais segundo Cleveland e McGill's.

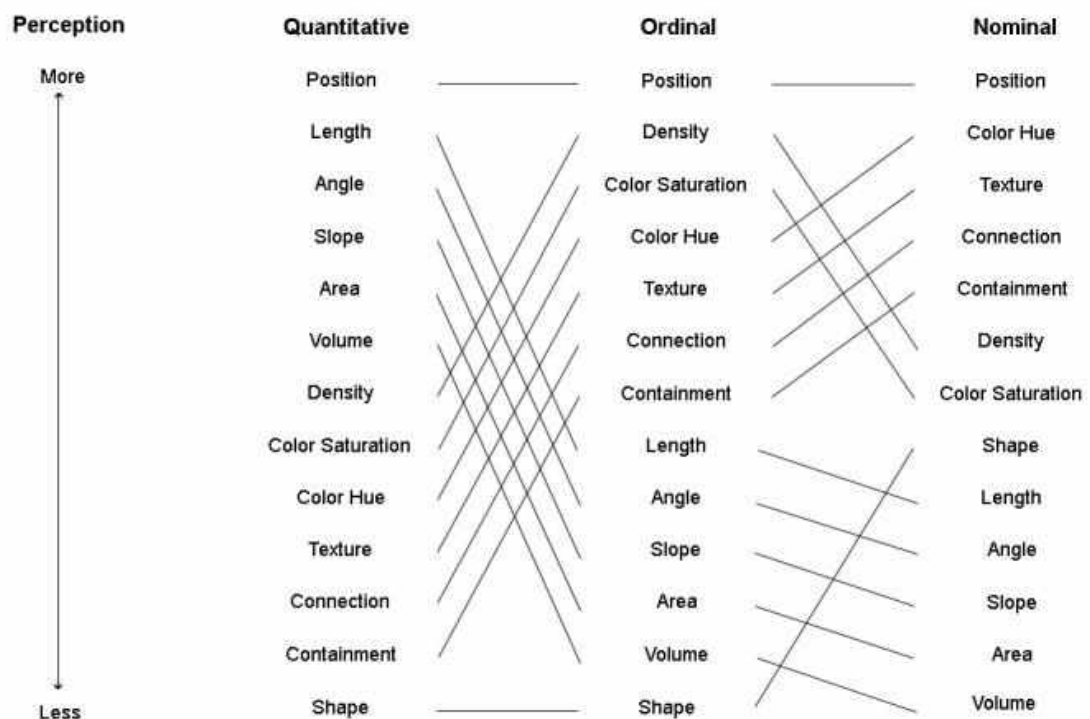


Fonte: (CAILLETEAU, 1999, p. 43)

Por outro lado, a Figura 10 mostra os atributos visuais, segundo as perspectivas de graus de percepção de dados quantitativos e não quantitativos (quando são nominais ou ordinais). As informações cujos dados não são quantitativos podem ser

disponibilizados de uma melhor forma, quando usados os atributos mais adequados para esse tipo de visualização. Assim, a falta ou falha na disponibilização da informação pode estar relacionada na escolha ou construção de uma técnica de visualização, mais precisamente na utilização dos atributos que organizam os seus dados.

Figura 10. Acuidade de percepção dos atributos visuais, segundo Mackinlay (1999).



Fonte: (MACKINLAY, 1999)

Segundo Mackinlay (1999), a escolha da técnica de representação visual adequada para um determinado conjunto de informações deve se basear em atributos de expressividade e eficácia. O atributo de expressividade está relacionado às representações gráficas que traduzem exatamente a informação com foco no interesse do utilizador. O atributo de eficácia está relacionado com a facilidade de compreender as representações e as informações que elas expressam. O uso inadequado do atributo de Visualização da Informação diminui a percepção dos dados pelo usuário e determina uma complexidade cognitiva requerida ao usuário, para interpretar tais informações:

Assim como os dados podem ser distinguidos por serem nominais, ordinais ou quantitativos (também distinguimos subcategorias tais como espaciais). Desta forma, os eixos espaciais podem ser distinguidos de maneira semelhante, conforme sejam não estruturados (não rotulados), nominais (rotulados), ordinais (tenham uma quantidade ordinal associada a eles) ou quantitativos (por exemplo, links ponderados). O espaço gráfico é definido pela composição de eixos espaciais em conjunto afim de formar um substrato no qual o restante da representação visual é emitida. Quais variáveis de dados estão associadas aos eixos do espaço é a decisão representacional mais importante. Apenas duas ou no máximo três variáveis podem ser codificadas em eixos gráficos; variáveis adicionais devem ser codificadas em eixos gráficos; variáveis adicionais podem ser codificadas em eixos gráficos; variáveis adicionais devem ser codificadas usando outras propriedades gráficas. As propriedades gráficas de conexão e contenção permitem maneiras adicionais de usar o espaço na codificação. Além disso, as variáveis podem ser associadas ao tipo de marca colocado no substrato gráfico e essas marcas podem ser modificadas pelas propriedades da retina, como tamanho, orientação, escala de cinza, cor, textura e forma. (CARD; MACKINLAY; SHNEIDERMAN, 1999, p. 637, tradução nossa)

Para Dulclerci e Tavares (2010), além de manter a integridade dos dados geradores, a visualização deve ser caracterizada tanto pela facilidade de leitura, quanto pela aptidão em fornecer o que se deseja a partir da interpretação da imagem gerada. Para ser efetiva, uma visualização deve transmitir rapidamente as informações e não induzir a erros; para tal, deve atender às capacidades de percepção da visão humana. Segundo Dastani (2002), tanto a expressividade como a eficácia são dependentes da percepção humana, pois não há efetividade sem uma representação expressiva que esteja de acordo com os requisitos da percepção humana:

Acreditamos que o critério da expressividade só faz sentido se as estruturas visuais forem perceptíveis pelos espectadores humanos. Isto implica que os critérios de expressividade e eficácia dependem do sistema visual humano e que a distinção de expressividade / eficácia não é uma distinção entre condições perceptivas dependentes e perceptualmente não dependentes. (DASTANI, 2002, tradução nossa)

Há ainda outros fatores, além do processo cognitivo, que também influenciam no processo de Visualização da Informação. Por exemplo, existem fatores capazes de orientar o usuário na interpretação, extração e decomposição das formas visuais em informações:

Considerando a visualização de dados como o processo cognitivo, outros fatores da percepção humana também podem ser usados para contribuir com o processo de Visualização da Informação. De fato, esses fatores adicionais podem ajudar os processos cognitivos humanos na recuperação das informações contidas nos dados envolvidos. (DULCLERCI; TAVARES, 2010, tradução nossa)

Dulclerci e Tavares (2010) relacionam os atributos visuais com a tabela de Mackinlay, elaborada com as prioridades de acordo com o seu grau de acuidade em termos perceptivos e a natureza dos dados. Na Figura 10, são considerados três tipos de dados aos quais vão sendo apresentados por ordem decrescente os atributos visuais perceptíveis.

O valor de um determinado sistema computacional de visualização de dados pode ser determinado pelas capacidades perceptíveis e do conhecimento obtido pelo seu utilizador a partir das imagens de visualização geradas pelo mesmo sistema. A percepção, por sua vez, depende do uso adequado dos atributos para a forma quantitativa, ordinal ou nominal utilizada na representação.

Segundo Shneiderman (1996), é possível otimizar ainda mais a utilização isoladamente de um atributo visual, por exemplo, a cor:

Os projetistas estão descobrindo como usar as telas coloridas, rápidas e de alta resolução para apresentar grandes quantidades de informações de maneira ordenada e controlada pelo usuário. (SHNEIDERMAN, 1996, tradução nossa)

O autor compara imagens, que possuem maior quantidade de dados abstraídos pelos símbolos numa apresentação visual, com os textos, que possuem menor quantidade de informações visuais. Mas um atributo de cor durante a análise de algoritmos de visualização pode apresentar menor complexidade cognitiva,

comparados ao atributo de símbolos, principalmente se eles são parecidos e possuem o mesmo tamanho. No seu artigo, a abordagem da técnica *Treemap* foi aplicada com sucesso aos diretórios de computador, dados de vendas, tomada de decisões de negócio e navegação na Web, mas os usuários tomam 10-20 minutos para acomodar a mapas de árvores mais complexas. Isso se deve ao processo de aprendizagem cognitivo com a técnica de visualização, consistindo em um pré-requisito para sua utilização.

A sua taxonomia chamada *Task by Data Type Taxonomy* - TTT é elaborada com sete tipos de dados que caracterizam os gráficos visuais. Os tipos de dados da taxonomia são:

- Unidimensional
- Bidimensional
- Tridimensional
- Temporal
- Multidimensional
- Árvores
- Grafos

As organizações estruturais de árvores e grafos são separadas dos demais tipos e há enfoque nas variações e combinações destes tipos de dados. A TTT também define sete tarefas de usuário, em alto nível de abstração:

- **Visão geral (*Overview*)**: obter uma visão geral de toda a coleção;
- **Aumento de tamanho (*Zoom in*)**: aumento de tamanho sobre itens de interesse;
- **Filtrar (*Filter*)**: filtrar itens desinteressantes;
- **Detalhes por demanda (*Details on demand*)**: eleger um item ou grupo e obter detalhes quando necessário;
- **Identificar relações (*Relate*)**: encontrar e exibir as relações entre itens;

- **Histórico (*History*):** manter um histórico de ações para desfazer e refazer ações e refinamento progressivo, recuperando aquelas que forneceram o resultado desejado; e
- **Extração (*Extract*):** permitir a extração de subconjuntos e de parâmetros de consulta.

Shneiderman (1996) sugere a busca por mais tarefas ou refinar a TTT para expandir a sua taxonomia.

Observa-se que algumas taxonomias propostas pelos autores, relacionados até então, preocupam-se com o desempenho que a técnica oferece ao usuário na busca das informações. Alguns autores diferenciam e classificam os atributos visuais através do seu desempenho no processo de cognição. Eles procuram mensurar o tempo gasto em cada técnica, através dos seus atributos utilizados, mas não conseguem uma forma objetiva de medir os desempenhos das técnicas, a fim de compará-los entre si. Também não se encontra uma forma de demonstrar, a partir de testes, que a mensuração está correta nas teorias apresentadas por eles. Assim, há necessidade do uso de um novo fundamento teórico que envolve o acompanhamento pragmático das ações do usuário, como as tarefas do usuário.

2.1.2 Tarefas do Usuário na Visualização da Informação

Tarefas do usuário na VI são atividades visuais desempenhadas pelo usuário de forma quantitativa e qualitativas requeridas no processo cognitivo de abstração, interpretação e extração de informações de uma determinada técnica de VI. Segundo Pribeaunu e Vanderdonckt (2002), o projeto centrado no usuário se concentra na usabilidade e requer compreensão de:

- **Objetivos do usuário:** o que eles querem fazer usando a interface; e
- **Desempenho da tarefa:** como os usuários estão realmente realizando as tarefas.

A partir disto, é possível delinear uma metodologia para a análise e projeto baseados em tarefas visuais do usuário. Através destas tarefas, o usuário deve realizar atividades cognitivas de interpretação de dados, decomposição visual, comparação de informações, interações com a técnica de visualização, etc.. A técnica deve ser projetada para possibilitar tais atividades.

Segundo Pribeaunu e Vanderdonckt (2002), as tarefas podem ser decompostas em outras tarefas, resultando em tarefas menores. Os resultados de dependências destas tarefas geralmente são representados em forma de árvore:

Uma tarefa é uma atividade realizada por pessoas para atingir um determinado objetivo. Ela pode ser ainda mais decomposta, resultando em tarefas menores correspondentes a metas de nível inferior. A decomposição de tarefas é geralmente representada como uma árvore. O primeiro nível na decomposição de tarefas mostra como os usuários estão planejando o seu desempenho, decompondo-a em subtarefas e dando uma preferência de ordem para cada uma delas. (PRIBEAUNU; VANDERDONCKT, 2002, tradução nossa)

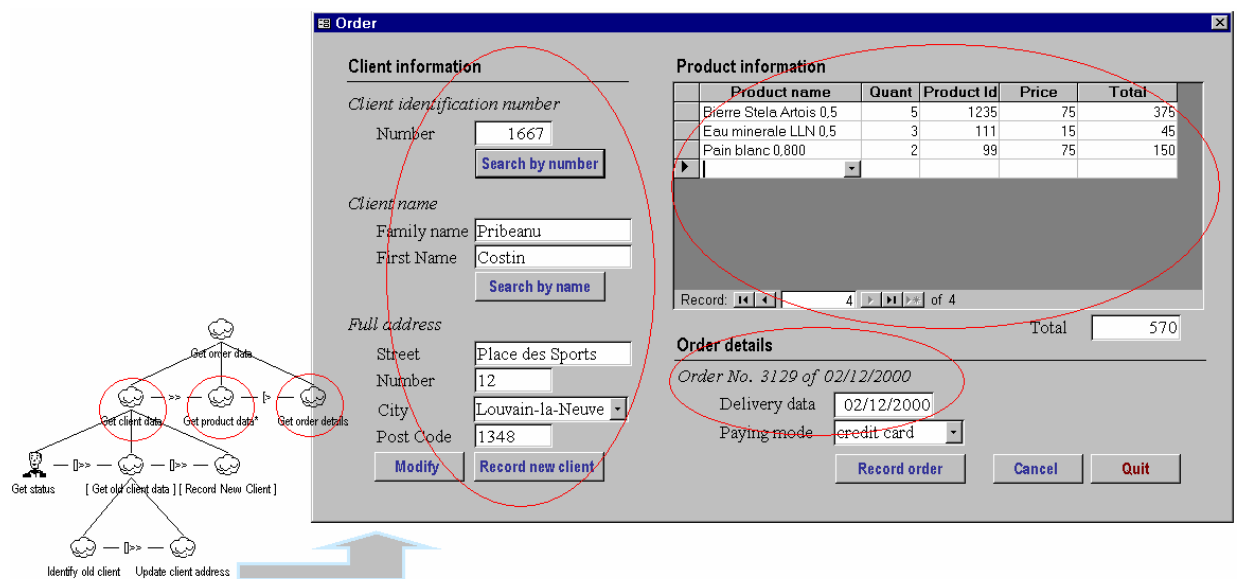
Nesta proposta de modelagem através de tarefas eles identificam critérios para decompor as tarefas na subtarefa:

- **Estrutura funcional:** diferentes funções da aplicação;
- **Estrutura de dados:** entidades diferentes no domínio da aplicação;
- **Processamento de dados:** diferentes maneiras como os dados são processados (por exemplo, tarefas iterativas, tarefas opcionais, tarefas alternativas que dependem de algum valor de parâmetro); e
- **Natureza do trabalho** (cognitivo, manual, entrada, exibição).

Se mensura o desempenho através dos níveis de decomposição das tarefas, ou seja, através da quantidade de níveis da árvore de decomposição. Os diferentes níveis de decomposição mostram que as estruturas de tarefas unitárias possuem grau variável de complexidade.

Por exemplo, a Figura 11 mostra três grupos de técnicas de Visualização da Informação em uma tela *Windows Form* e a decomposição deles representados na árvore, posicionada à esquerda na figura. A árvore foi alocada de acordo com as tarefas de usuário da tela e possui quatro níveis. A carga de trabalho cognitiva do usuário depende desta alocação.

Figura 11. Árvore de decomposição de tarefas visuais do usuário.



Fonte: (PRIBEAUNU; VANDERDONCKT, 2002, p. 12)

Yi et al. (2007) apontam e analisam uma variedade de taxonomias de tarefas do usuário. Segundo eles, a taxonomia de tarefas de Shneiderman (1996) consiste no conjunto geral mais conhecido na literatura, mas que, no entanto, é preciso definir novas taxonomias, uma vez que é desafiador realizar novas descobertas quando a taxonomia fica obsoleta. Concluem propondo sua taxonomia de forma resumida a partir análise de extensos trabalhos a respeito de taxonomia de tarefas de VI.

A sua proposta resulta em onze técnicas de interação com base no usuário:

- **Filtrar:** tarefa do usuário capaz de diminuir/aumentar o conjunto de dados a serem visualizados, para aqueles de seu interesse;
- **Selecionar:** tarefa do usuário de marcação de itens de interesse;
- **Abstrair/Elaborar:** tarefa do usuário de ajustar o nível de abstração dos dados;

- **Explorar:** tarefa do usuário em decompor a informação em um subconjunto de outras informações mais detalhadas;
- **Conectar:** tarefa do usuário em visualizar como os dados estão relacionados;
- **Reconfigurar:** tarefa do usuário em analisar diferentes perspectivas a partir de um diferente arranjo espacial dos dados;
- **Codificar:** tarefa do usuário que permite alterar a representação dos dados em uma técnica de VI e analisar a partir desta nova aparência visual (por exemplo, cor, tamanho e forma);
- **Historiar:** tarefa do usuário de refazer os passos de navegação que foram tomados na exploração dos dados;
- **Extrair Recursos:** tarefa do usuário que permite extrair dados de interesse;
- **Participar/Colaborar:** tarefa do usuário que permite contribuir com os dados; e
- **Gamificar:** tarefa do usuário em mostrar dados em uma maneira mais lúdica.

Brehmer e Munzner (2013) propõe uma tipologia multinível de tarefas de visualização abstrata na qual as tarefas são orientadas a propósitos do usuário. A tipologia destina-se a facilitar a avaliação das experiências do usuário, permitindo a descrição precisa de tarefas complexas, como sequência de tarefas mais simples, explicitando as interdependências entre elas.

Segundo estes autores, as tarefas são encapsuladas por questionamentos, como por exemplo: por que a tarefa é executada, como a tarefa é executada e o que a tarefa diz. Pode ocorrer interdependência de uma tarefa com outras, ao realizar a sua análise. As tarefas de visualizações raramente são executadas isoladamente, e a saída de uma tarefa pode servir como entrada para uma tarefa subsequente.

Na classificação de tarefas do usuário, estes autores defendem que não se deve confiar unicamente em qualquer tipo de classificação e limitar o potencial de análise rigorosa. Há um diferencial na sua tipologia, a análise temporal das tarefas do usuário.

2.1.3 Usabilidade nas Técnicas de Visualização da Informação

A análise de técnicas de VI é um processo complexo, pois requer a verificação dos mecanismos de interação do usuário, com relação ao uso das tarefas visuais. As tarefas visuais devem ser suficientes para que o usuário estabeleça ações de forma fácil e eficiente. O estudo destas ações compreende a usabilidade na IHC.

Com base na norma ISO/IEC 9126, Pressman et al. (2016), no contexto de fatores de qualidade, define usabilidade como o grau de facilidade de utilização de software, conforme indicado pelos seguintes subatributos: facilidade de compreensão, facilidade de aprendizagem, operabilidade.

Com base na norma ISO 9241-11, precursora da ISO 9241-210, Teixeira et al. (2013) distingue três fatores de usabilidade:

- **Eficácia:** grau de realização dos objetivos pretendidos e aumenta a complexidade da avaliação;
- **Eficiência:** grau de realização de tarefas dentro de um intervalo de tempo aceitável; e
- **Satisfação:** grau de conforto com relação ao resultado da experiência do usuário.

Portanto, uma determinada técnica visual é considerada usual quando suas tarefas são realizadas com eficiência, eficácia e que haja satisfação do usuário ao utilizá-la.

A análise das técnicas de VI deve, portanto, buscar usabilidade no projeto de IHC, para evitar problemas como excesso de dados e atributos visuais diferentes, que se torna difícil a interpretação e a prática das tarefas do usuário. Um método que pode ser utilizado para mensurar a usabilidade na IHC consiste no *Quiz*, uma avaliação

interativa, na qual o usuário responde perguntas direcionadas em diversas complexidades cognitivas e que pode ser mensurado através de indicadores operacionais e estratégicos, com relação ao conhecimento adquirido e aprendizagem significativa, no decorrer do tempo e acerto das respostas.

A falta de usabilidade pode resultar em um processo com baixa produtividade da interação do usuário com a técnica visual e, portanto, sem eficiência e eficácia. A dificuldade genérica dos usuários com as técnicas de VI, podem ocorrer pela ausência de um projeto voltado à usabilidade da tela e de seus mecanismos de interação.

Nielsen (1993) apud Barbosa e Silva (2011), define o critério de usabilidade como um conjunto de fatores capazes de qualificar um usuário durante a interação com o sistema. Esses critérios estão relacionados com a facilidade e esforço necessários para os usuários aprenderem significativamente e utilizarem continuamente o sistema. Desse modo, a usabilidade endereça principalmente a capacidade cognitiva, perceptiva e motora dos usuários empregada durante a interação. Os fatores de usabilidade por ele considerados são:

- Facilidade de aprendizado (*learnability*)
- Facilidade de recordação (*memorability*)
- Eficiência (*efficiency*)
- Segurança no uso (*safety*)
- Satisfação do usuário (*satisfaction*)

Para Barbosa e Silva (2011), padrões de usabilidade podem revelar teclas de atalho e efeitos do duplo clique numa interação com o usuário que pode demonstrar o uso da técnica de forma mais eficiente. Sendo assim são fatores fundamentais da usabilidade:

- Lógica de *design*
- Comunicabilidade do sistema

Estes fatores devem ser projetados, por exemplo, para sites Web que se destinam a pessoas com determinada deficiência visual. De forma que, ao navegar com

acessibilidade, ou seja, sem grandes barreiras na técnica de interação visual, ela pode obter as informações desejadas e aumentar continuamente a sua satisfação neste processo de “experiência do usuário”. Por exemplo, uma técnica de interação com o usuário que permite mudar o caminho de busca por “cor” para “símbolo” é suficiente durante o auxílio na navegação de um usuário daltônico no sistema.

Segundo Ware (2013), nossa inteligência está fortemente relacionada com a capacidade de identificar padrões, através, principalmente do sistema visual. As capacidades perceptivas se intensificam quando há padrões de usabilidade nas técnicas visuais e nas técnicas de interações com o usuário. Estas interações possibilitam o usuário realizar tarefas de maior complexidade cognitiva, envolvendo aprendizado significativo e resolução de problemas recorrentes.

Os padrões na VI são muito importantes. Por exemplo, no *Data Analytics*, o Analista de Dados deve examinar os dados brutos com a finalidade de encontrar padrões e tirar conclusões sobre esta informação. As conclusões devem ser mostradas utilizando-se uma técnica mais adequada para que outros envolvidos consigam também visualizar os padrões encontrados nas informações extraídas, assim como visto por Sedkaoui (2018):

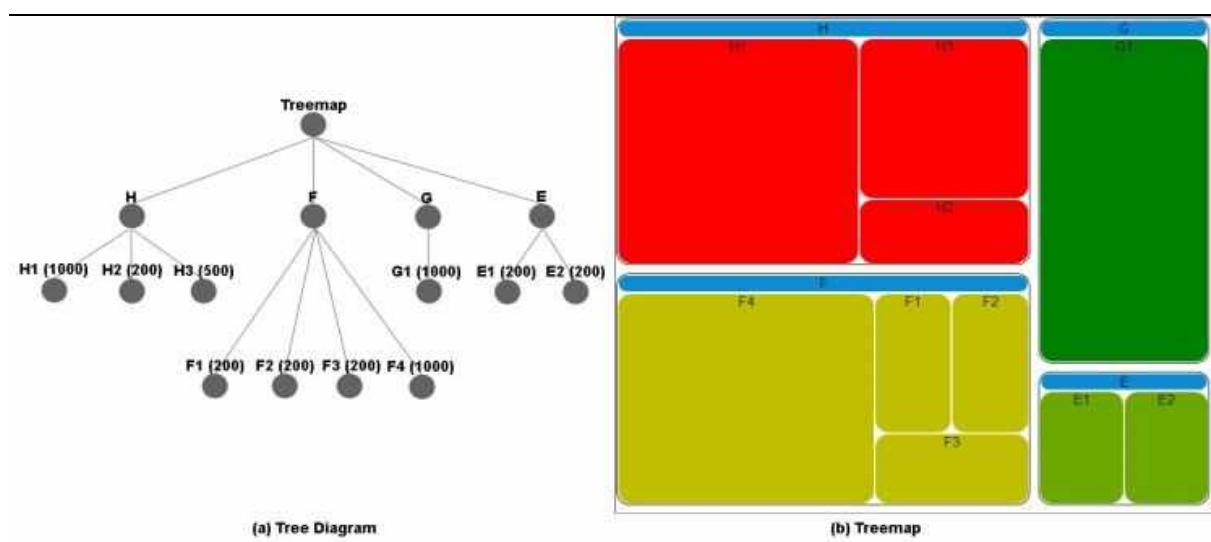
Interpretação e visualização: os resultados da análise extraídos do *big data* precisam ser interpretados pelos marcadores de decisão e isso pode exigir que os usuários possam analisar as suposições em cada estágio do processamento de dados e, possivelmente, refazer a análise. A proveniência rica é crítica a este respeito. (SEDKAOUI, 2018, p. 68, tradução nossa)

2.2 Concepção da Técnica *Treemap*

Treemap consiste em uma técnica de Visualização da Informação criada por Shneiderman em 2006, capaz de organizar as informações em uma estrutura hierárquica, através dos princípios dessas próprias informações e apresentá-las num gráfico, a partir dessa estrutura (SHNEIDERMAN, 1996).

Isso permite o acesso rápido da informação, de forma visual, separando as informações mais importantes ou mais desejadas após a sua busca em um processo fortemente interativo. No caso da imagem da Figura 12, a estrutura da árvore mostra uma organização orientada pelo atributo visual de busca através de grupo da *Treemap*. Os mapas utilizam estruturas de chaves de dados (H, F, G, E, H1, ..., F4) utilizados para organizar a visualização dos dados. Estas chaves possuem valores (H1(1000), H2(200), H3(500), ..., F4(1000)) que serão utilizados destacar os dados, possibilitando ao usuário uma análise comparativa no mapa visual.

Figura 12. Exemplo de estrutura de *Treemap*.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Com tal arranjo, a mesma facilita a interação de acordo com as necessidades visuais do usuário, no que diz respeito à diversidade de escolha de formas de visualização. Por exemplo, é possível destacar determinadas informações segundo cores ou, as mesmas informações segundo área, para usuários daltônicos.

Assim, a *Treemap* possui diversas formas de visualizações através de percursos otimizados, possibilitando maiores percepções e interações com os usuários.

Trabalhos Correlatos

Algumas linhas de pesquisa, trabalhos e até mesmo propostas de dicionários de técnicas de VI foram desenvolvidos com o intuito de alcançar conceitos fundamentais para elaboração de uma estrutura que represente as técnicas de visualização de informação. Este capítulo mostra algumas destas iniciativas e correlatos que possuem este mesmo direcionamento. A metodologia utilizada neste trabalho foi realizada através da Revisão Sistemática Bibliográfica (RBS), que busca estudos semelhantes a este, publicados ou não, avaliando-os criticamente e reunindo-os numa análise estatística e categórica.

3.1 Correlatos de Classificação de Técnicas de VI por Desempenho e Usabilidade

Herman, Melançon e Marshall (2002) apresentam pesquisa correlata às técnicas de Visualização da Informação para navegação e visualização gráfica. Para eles, a estrutura da técnica de Visualização da Informação é importante para aplicabilidade do gráfico:

Uma maneira simples de determinar a aplicabilidade da visualização de gráficos é considerar a seguinte questão: existe uma relação inerente entre os dados elementares a serem visualizados? Se a resposta à pergunta for “não”, então os elementos de dados são “não estruturados” e o objetivo do sistema

de visualização de informações pode ser ajudar a descobrir as relações entre os dados através de meios visuais. Se, no entanto, a resposta à pergunta for “sim”, então os dados podem ser representados pelos nós de um gráfico, com as arestas representando as relações. (HERMAN; MELANÇON; MARSHALL, 2000, tradução nossa)

Em seu trabalho, os autores analisam as técnicas com relação ao desempenho e usabilidade abordados para a navegação em grandes gráficos e métodos de redução de complexidade visual através de reorganização de dados. Dois fatores importantes para a usabilidade relacionam-se com a navegação e interação. Para isso, vários métodos de interação com o usuário podem ser utilizados como “*zoom and plan*”, “*Focus+Context Techniques*”, “*Incremental Exploration and Navigation*” e “*Clustering*”.

Para Winckler, Palanque e Freitas (2004), cada aplicação requer um estudo específico para a escolha das técnicas de visualização a serem utilizadas, a fim de determinar se ela é útil.

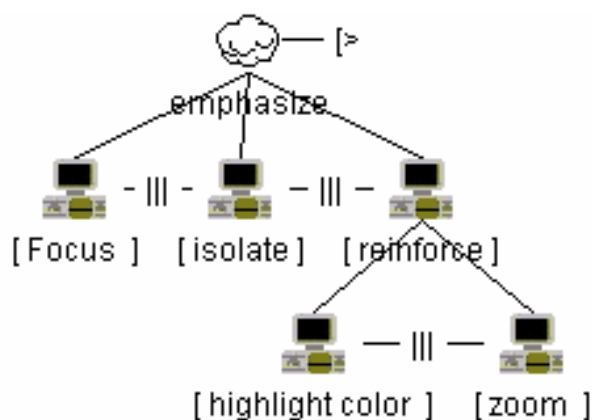
Em seu trabalho, apresenta técnicas que podem ser decompostas através de tarefas do usuário em forma de ações visuais com os atributos visuais e técnicas de interação, como por exemplo, cor, *zoom* ou foco. Duas técnicas são utilizadas para análise e comparação, a *Treemap* e o *Hiperbolic Browser*. A usabilidade e desempenho são analisados de acordo com a decomposição das tarefas do usuário:

(...) Isto consiste em um conjunto de funções de renderização opcionais e simultâneas (Focar, Isolar e Reforçar). A Figura 5b mostra como uma estratégia em particular (*Reinforce*) que foi ainda mais decomposta, para incluir restrições de implementação específicas. Por exemplo, as funções de renderização podem ser obtidas destacando as cores ou ampliando os elementos gráficos. (WINCKLER; PALANQUE; FREITAS, 2004, tradução nossa)

Embora o trabalho mostre que os atributos visuais possam mensurar a usabilidade e eficácia da técnica, não é demonstrado como eles podem ser comparados para atingir este objetivo ou como o desenvolvedor pode mensurar qual o atributo mais útil e eficaz para a sua elaboração e construção. A Figura 13 ilustra a

decomposição da técnica de visualização em atributos visuais e técnicas de interação com o usuário, feito por Winckler, Palanque e Freitas (2004).

Figura 13. Exemplo de decomposição de técnica por atributos de visualização e tarefas do usuário.



Fonte: (WINCKLER; PALANQUE; FREITAS, 2004)

Segundo os autores, a avaliação de usabilidade de uma técnica de Visualização da Informação somente pode ser realizada através da representação visual e das suas interações com o usuário. Concluem, ainda, que as técnicas que possuem estruturas formais são mais eficazes que as técnicas não estruturadas:

A avaliação da usabilidade de uma técnica de visualização de informação só pode ser feita pela avaliação conjunta da representação visual e das técnicas de interação. (...) Concluimos que o uso de modelos de tarefas permite gerar cenários de teste mais eficazes que avaliações informais e não estruturadas. (WINCKLER; PALANQUE; FREITAS, 2004, tradução nossa)

Embora a conclusão direcione no uso de técnicas formalmente estruturadas, não existe uma proposta nestes trabalhos correlatos para unificação das técnicas numa representação de dicionário de técnicas de VI, formalmente estruturado.

3.2 Trabalhos Correlatos de Classificação de Técnicas de VI por Dicionários

Esta seção apresenta os trabalhos correlatos que mostram a necessidade de criação de um dicionário de VI ou que apresentam uma solução capaz de classificar as técnicas de VI através de dicionário de VI, entendido especificamente como um

conjunto de técnicas de VI representado através de outra técnica de VI, como por exemplo, galeria ou tabela. Esta representação pode ter não necessariamente uma organização ou categorização.

Alguns trabalhos correlatos buscam a criação de novas técnicas de Visualização da Informação em áreas específicas ou organizam as já existentes na forma tradicional de galeria.

Maria Cristina de Oliveira e Haim Levkowitz (2003) perceberam a necessidade de criação de técnicas de visualização para ajudar na compreensão dos resultados de algoritmos de mineração de dados, pois são capazes de criar um modelo mental de como este tipo de sistema em particular funciona:

Técnicas de mapeamento visual estão sendo usadas para transmitir resultados de algoritmos de mineração de maneira mais compreensível para os usuários finais e para ajudá-los a entender como um algoritmo funciona. Na verdade, a capacidade de criar um bom modelo mental de como um determinado algoritmo de DM funciona é essencial se os usuários finais, geralmente os especialistas de domínio, quiserem exercer um maior controle sobre o processo de DM / KDD. (OLIVEIRA; LEVKOWITZ, 2003, tradução nossa)

Keim (2002) verifica a necessidade de uma classificação das técnicas de VI para facilitar e agilizar a escolha da técnica mais adequada para representar as informações dos resultados de mineração de dados. A mineração envolve a busca de um volume de dados considerável e, segundo o autor, uma boa Visualização da Informação pode ajudar a interpretar a grande quantidade de informações:

Explorar e analisar os vastos volumes de dados torna-se cada vez mais difícil. A visualização de informações e a mineração de dados visuais podem ajudar a lidar com o fluxo de informações. A vantagem da exploração de dados visuais é que o usuário está diretamente envolvido no processo de mineração de dados. Existe um grande número de técnicas de visualização de informação que foram desenvolvidas ao longo da última década para apoiar a exploração de grandes conjuntos de dados. Neste trabalho, propomos uma classificação das técnicas de visualização de informação e mineração de dados visuais, baseada no tipo de dados a serem visualizados, na técnica de

visualização e na técnica de interação e distorção. (KEIM, 2002, tradução nossa)

Na sua análise, as técnicas de visualização são úteis para mostrar uma visão geral dos dados, mas também permitir ao usuário identificar subconjuntos de interesse, às vezes concentrando os dados deste subconjunto em outra técnica de visualização.

Focando na dimensionalidade e estrutura organizacional da técnica, este trabalho correlato descreve e avalia algumas técnicas de visualização limitadas à área de interesse da mineração.

Stolte (2003) também busca a criação de novas técnicas que envolvem especificamente a possibilidade de variação da multi-escala gráfica. O objetivo destas técnicas é buscar maior eficácia na visualização dos dados. Para os autores, estas técnicas conseguem abstrair grande quantidade de dados nas representações gráficas:

As visualizações em escala múltipla são uma técnica eficaz para facilitar esse processo, já que alteram a representação visual para apresentar os dados em diferentes níveis de abstração, à medida que o usuário faz panorâmicas e *zoom*. Em um nível superior, uma vez que uma grande quantidade de dados precisa ser exibida, é altamente abstraída. Com o *zoom* do usuário, a densidade de dados diminui e, assim, representações mais detalhadas de pontos de dados individuais podem ser mostradas. (STOLTE, 2003, tradução nossa)

Matsui, Yamanouchi e Sunahara (2011) propõe uma classificação e um framework para VI no desenvolvimento de aplicações Web. Os desenvolvedores Web têm que lidar com dados para estabelecer a forma de mostrar seu significado para usuários em geral. A combinação de dados pode ser volumosa e impor um fardo para os programadores. Isto ocorre, segundo os autores, pois desenvolvedores e *web designers* possuem diferentes conhecimentos e habilidades sobre como obter e mostrar informações significativas:

No método ordinal, os desenvolvedores da Web precisam lidar com os dados para estabelecer como mostrar seu significado para os usuários em geral. Por exemplo, para combinar conjuntos de dados, por ex. informações

cartográficas e informações meteorológicas e para usar o método de visualização de informações para a interface do usuário para torná-los mais compreensíveis. Mas esses procedimentos podem impor um fardo aos desenvolvedores da web. Isso é causado por programadores da Web e *web designers*, pois os desenvolvedores da Web têm conhecimento e habilidades diferentes sobre como obter e exibir informações significativas. Portanto, às vezes, cada esforço para fornecer informações aos usuários por meio do aplicativo da Web tende a não corresponder ao desejado. (MATSUI; YAMANOUCI; SUNAHARA, 2011, tradução nossa)

Sendo assim, os autores criaram um protótipo, ilustrado pela Figura 14, na qual o usuário pode escolher os tipos de informações e também os atributos visuais que eles necessitam na criação da técnica.

Figura 14. Protótipo proposto por Matsui para escolha dos atributos visuais na criação das técnicas.

Visualizing Data Provider		
Check which info you need	Check which info you need	which values of info-vis you need
<input checked="" type="checkbox"/> trend info	API	<input checked="" type="checkbox"/> size
<input type="checkbox"/> real-time info	<input checked="" type="checkbox"/> Yahoo news	<input checked="" type="checkbox"/> color
<input type="checkbox"/> shopping info	<input type="checkbox"/> Twitter	<input checked="" type="checkbox"/> speed
<input type="checkbox"/> SNS info	<input type="button" value="more"/>	<input type="checkbox"/> layer
<input type="checkbox"/> video info	Sensor info	<input type="checkbox"/> 3D
<input checked="" type="checkbox"/> sensibilities info	<input type="checkbox"/> weather	<input type="checkbox"/> distance
<input type="checkbox"/> activities info	<input type="checkbox"/> vehicle	<input type="checkbox"/> represent
	<input type="button" value="more"/>	<input type="button" value="OK"/>

Fonte: (MATSUI; YAMANOUCI; SUNAHARA, 2011)

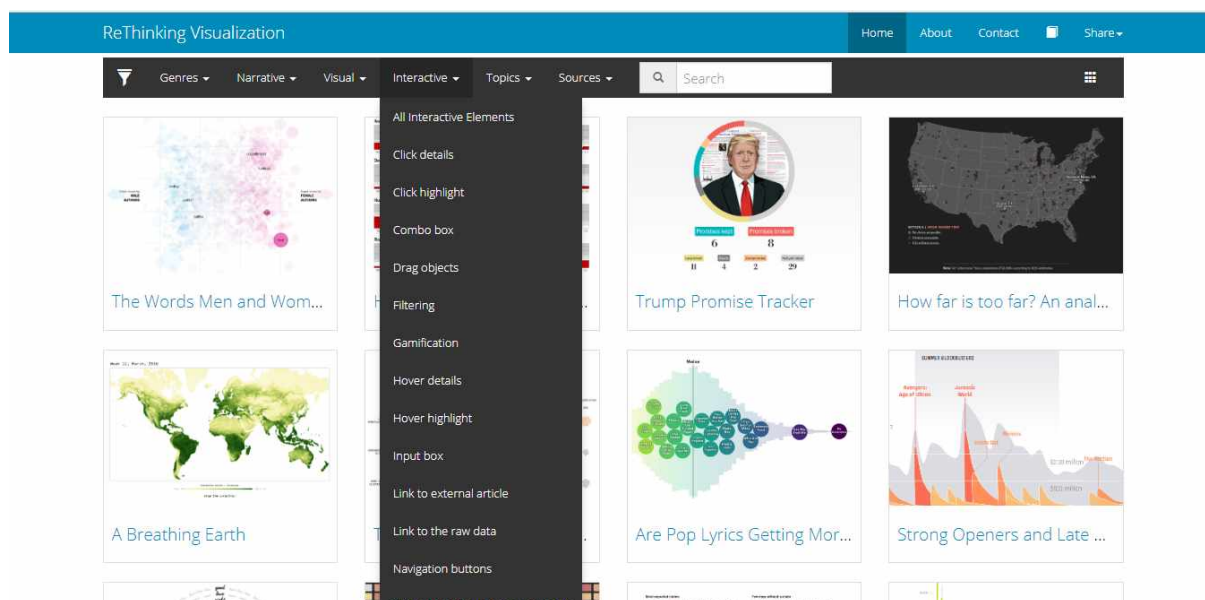
Verifica-se uma necessidade da classificação da VI nos trabalhos de Keim (2002), Matsui et al. (2011) e Stolte (2003). No entanto, não se verifica a iniciativa de se criar a unificação das técnicas em um dicionário de técnicas de VI, limitando-se à busca para se atingir ou melhorar as técnicas para objetivos específicos. Por exemplo, aumentar a eficácia ou criar técnicas para melhor resolver determinados problemas específicos,

como a representação de informações resultantes da mineração de dados numa estrutura gráfica.

Yi et al. (2007) desenvolveram uma proposta de dicionário através de estudos de outros trabalhos. O seu dicionário de técnicas de visualizações é composto por 232 técnicas selecionadas a partir do quesito de popularidade na internet.

A Figura 15 mostra a página inicial do seu dicionário de técnicas de visualização. A pesquisa pelas técnicas ocorre mostrando as técnicas em uma galeria de imagens, através de menus de seleção, conforme apresentado na mesma. Ao selecionar um filtro, somente o conjunto de técnicas que atendem aquele filtro são mostrados. O usuário pode selecionar mais de um filtro e para voltar ao estado inicial os autores possibilitaram um menu para reiniciar ao estado inicial de pesquisa. O dicionário não possibilita comparações entre as técnicas apresentando todas elas na mesma tela, apenas remove ou inclui as de interesse do usuário. Este tipo de manutenção das técnicas de VI na mesma tela, além de apresentar barra de rolagem para um conjunto grande de técnicas, prejudica a sua análise comparativa simultânea.

Figura 15. *ReThinking Visualization*, dicionário de Yi et al, 2007.



Fonte: (YI et al., 2007).

A galeria Data-Driven Documents (D3.js), apresentada na Figura 16, oferece também um conjunto considerável de técnicas de VI de acesso livre, disponibilizado no repositório do GitHub. Apesar de seus exemplos não estarem categorizados, ou

seja, eles se encontram classificados na sua seção “Visual Index”, existe a categorização por técnica de VI e também por técnica de interação com o usuário na categorização das demais seções.

Figura 16. Data-Driven Documents (D3.js).



Fonte: (D3.js, 2018).

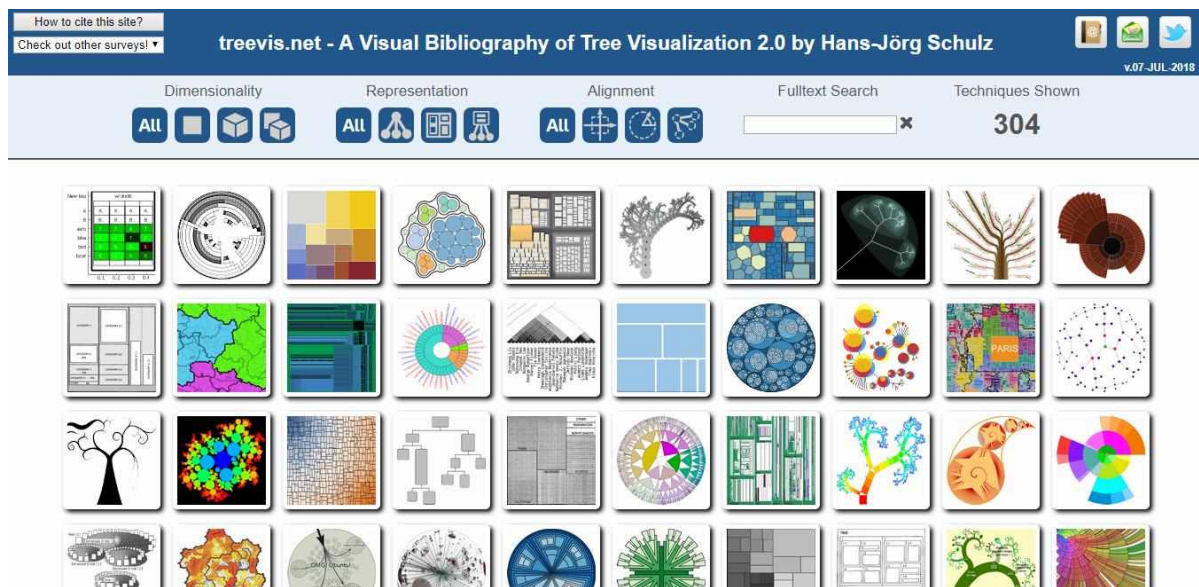
Outro dicionário que possui pesquisas de técnicas de forma bem similar consiste no *treevis.net*, uma bibliografia visual de visualização de árvores realizada por Hans-Jörg Schulz. Apresentam-se 304 técnicas visuais, conforme mostrado na Figura 17. Sua pesquisa também é realizada por filtros de dimensionalidade (2D, 3D e híbrida), representação (explícita, implícita e híbrida) e alinhamento (eixo paralelo, radial e livre). Seu conjunto de técnicas é limitado apenas a técnicas com estruturas de árvores. Assim como o dicionário de Yi, seu dicionário não possibilita comparações simultâneas entre as técnicas de interesse, por causa do filtro seletivo.

O dicionário em forma de galeria faz uso de filtros e barra de rolagem. A pesquisa em forma de filtros remove a técnica de VI da tela, impossibilitando a análise visual comparativa entre elas. Por outro lado, a técnica de interação de barra de rolagem, apesar de ser intuitiva, exige esforço temporal do usuário para rolar a cada mudança de filtro e não destaca o conteúdo relevante na VI. É possível analisar estes dicionários, com relação à Geroimenko e Chen (2005) que mostram os problemas

causados pela barra de rolagem, em especial quando usado para quantidades abusivas de conteúdo ou quando há uma rolagem dentro da outra:

Um segundo problema vem das barras de rolagem. Uma página da web é mais propriamente uma "rolagem" da web em qualquer momento em que você só pode ver uma janela potencialmente pequena, e para recuperar o resto, você precisa quebrar a metáfora da página, mover o mouse para a barra de rolagem e reposicionar o conteúdo para encontrar a informação que você estava procurando. Este paradigma tornou-se especialmente abusivo nos últimos anos, pois os designers têm procurado usar regiões de barra de rolagem contidas em outras regiões da barra de rolagem, o que inevitavelmente resulta no usuário ter que adivinhar o painel no qual o conteúdo relevante está localizado. (GEROIMENKO; CHEN, 2005, tradução nossa)

Figura 17. Dicionário treevis.net.



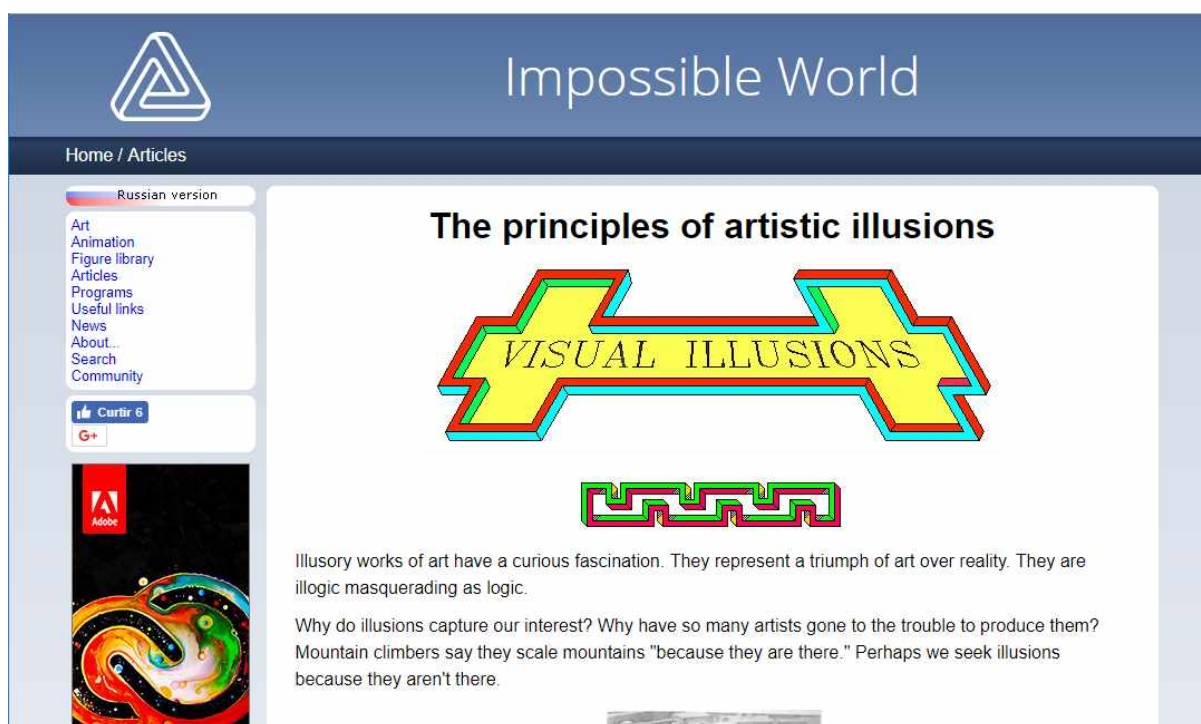
Fonte: (treevis.net, 2018)

Outros dicionários como *Visual Illusions do Impossible World*, mostrado através da Figura 18, disponibilizam todas as técnicas de visualização na mesma tela, possibilitando uma análise comparativa simultânea, mas não possibilita interação com o usuário. Este dicionário retrata técnicas de VI com características de ambiguidade, paradoxo ou ilusões de realidades impossíveis. Algumas destas técnicas foram

projetadas por autores como Escher (1961), estudioso destes tipos de padrões nas técnicas de VI.

Este dicionário não possui mecanismos de pesquisa interativo com o usuário. As técnicas de VI são dispostas de forma linear obrigando o usuário a percorrer uma a uma para encontrar a de seu interesse. Este formato pode ser prático para uma amostragem ou feira de técnicas, mas não usual para busca em forma de catálogo ou dicionário de pesquisa.

Figura 18. Dicionário *Visual Illusions* do *Impossible World*.



Fonte: (Visual Illusions, 2018)

Os dicionários pesquisados como trabalhos correlatos são carentes na disposição das técnicas de VI, ou seja, não possibilitam análise simultânea das técnicas. Eles dividem o conjunto de técnicas impossibilitando a visualização completa das técnicas numa mesma tela, devido à sua quebra e aplicação de barras de rolagem. Outros dicionários que não possuem este problema, carecem na interação com o usuário no intuito de comparação entre as técnicas, conforme o seu interesse.

O trabalho correlato mais próximo deste trabalho consiste na Tabela Periódica da Visualização da Informação, pois apesar de também não possibilitar interações com o usuário, possibilita comparações de diversas técnicas de VI na mesma tela.

3.3 Tabela Periódica da Visualização da Informação

Esta seção apresenta e trata especialmente o trabalho correlato mais próximo ao trabalho, pelo motivo de apresentar características especiais na sua apresentação, diferentemente dos demais trabalhos correlatos (em sua maioria apresentam em forma de galeria), orientado sob perspectiva de apenas uma técnica (metafórica) e estruturada em princípios acadêmicos e científicos.

O dicionário de técnicas de VI constituído e apresentado por Lengler e Eppler (2007) classifica as técnicas de visualização e as organizaram em uma tabela periódica da informação. A técnica utilizada para representar o dicionário consiste em uma metáfora da tabela periódica da química.

Os princípios da estrutura organizacional que os autores utilizaram são:

- ***Complexity of Visualization***: de baixo para cima, refere-se ao número de regras aplicadas para a utilização e / ou número de interdependências dos elementos a serem visualizadas;
- ***Main Application or Content Area [como?, o que?]***: dados, informação, conceito, metáfora, estratégia, conhecimento misturado. Além disso, os membros desse grupo também podem ser classificados de acordo com a intensidade do conhecimento, iniciando das explícitas, cujo conhecimento é objetivo (como ***Data Visualization***), para as mais implícitas, visualizações subjetivas do conhecimento (como ***Compound Knowledge Visualization***);
- ***Point of View [quando?]***: *Detail* (com destaque aos itens individuais), *Overview* (figuras grandes), *Detail and Overview* (os dois ao mesmo tempo);
- ***Type of Thinking Aid [por quê?]***: *Convergent* (reduzindo a complexidade) versus *Divergent* (adicionando complexidade); e

- **Type of Representation [what?]:** *Process* (passo a passo cíclico no tempo e/ou sequência contínua), *Structure* (por exemplo, hierarquia ou redes causais).

A Figura 19 mostra a técnica de visualização da tabela periódica da informação proposto por Lengler e Eppler (2007). Os autores organizam as técnicas de visualização mais importantes através do seu dicionário:

Nestas pesquisas, encontramos aproximadamente 160 técnicas visuais. Nós a reduzimos a um conjunto de cem técnicas (...) As cem técnicas visuais resultantes que atenderam a esses critérios foram então analisadas com relação às seguintes propriedades: *graphic format* empregado (ou seja, gráfico quantitativo, diagrama qualitativo, mapa cartográfico, metáfora visual, tabelas), tipo de *content type* (por exemplo, conceitos, problemas, pessoas), *application context* (por exemplo, gerenciamento, engenharia, aconselhamento etc.) e *scope* (estreito x amplo), *difficulty* de sua aplicação, *originating discipline*, vizinhança de justaposições de outras técnicas visuais. (Lengler e Eppler, 2007, tradução nossa).

A tabela periódica disponibiliza 100 técnicas de Visualização da Informação em uma única figura, posicionando uma sigla para cada técnica e o seu nome logo abaixo da sigla. Ao realizar o apontamento na técnica (posicionando o mouse na imagem), a tabela periódica de Visualização da Informação mostra um correspondente exemplo dessa técnica, projetando-o acima da imagem da tabela.

Figura 19. Tabela periódica das técnicas de visualização

A PERIODIC TABLE OF VISUALIZATION METHODS

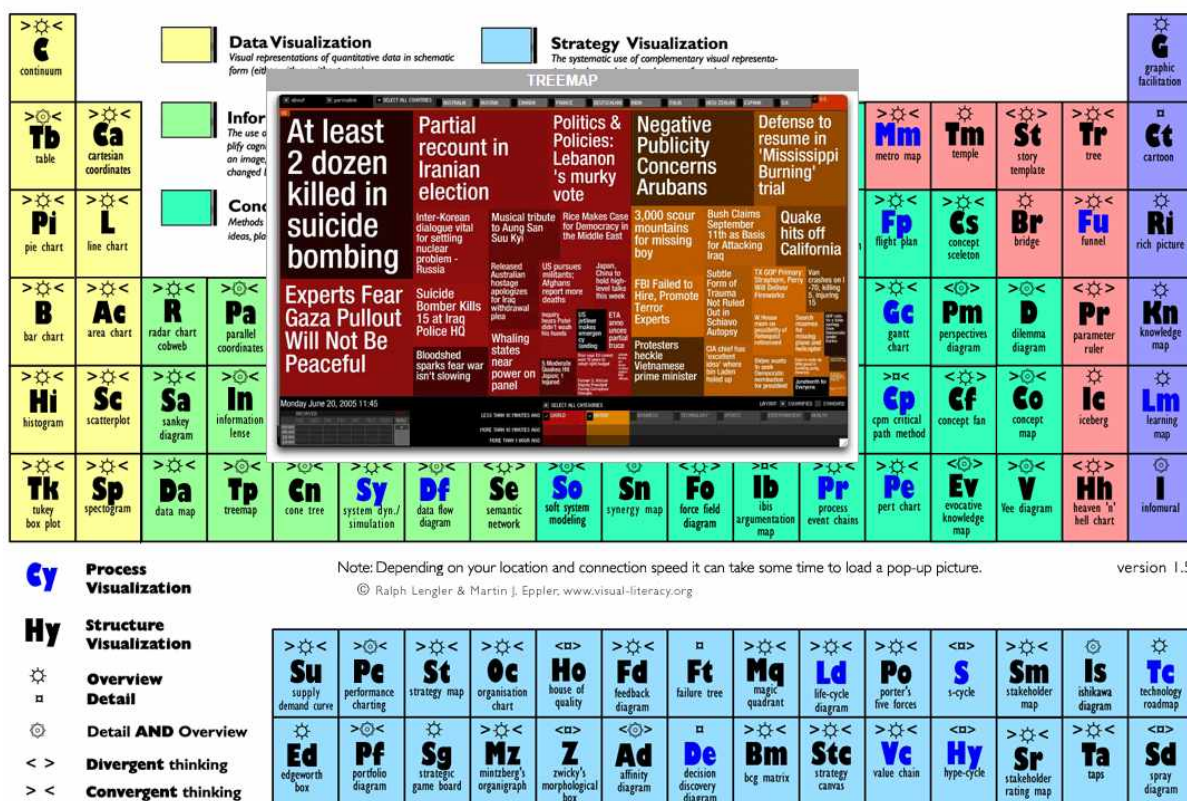
<div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div>

Fonte: (LENGLER; EPPLER, 2007).

A Figura 20 mostra o dicionário de técnicas de VI da Tabela Periódica da Visualização da Informação apontando o cursor do mouse em cima da técnica *Treemap* e, assim, é mostrado um exemplo de aplicação desta técnica. Este exemplo de uso de *Treemap* a utiliza como um quadro de *marketing* de anúncios e propagandas. A novidade encontra-se nas disposições destes anúncios. Há um destaque dos anúncios através das melhores posições e os maiores tamanhos da sua estrutura de mapeamento visual.

Figura 20. Tabela periódica das técnicas de visualização, mantendo o foco na técnica *Treemap*

A PERIODIC TABLE OF VISUALIZATION METHODS



Fonte: (LENGLER; EPPLER, 2007).

A Figura 21 mostra o dicionário de técnicas de VI da Tabela Periódica da Visualização da Informação, apontando o cursor do mouse em cima de outra técnica, *Iceberg*. Esta técnica é metafórica e utiliza-se da visão de um *iceberg* para enfatizar, por exemplo, problemas mais fáceis de detectar e outros problemas que são mais difíceis de detectar, mas que ocorrem junto aos mais fáceis.

Esta forma de visualização é muito importante na sinalização e predições de análises de fatores de riscos de qualquer área de conhecimento. Por exemplo, a Computação requer estimativas de esforços de desenvolvimento de software. Construir sistemas requer análise de um conjunto de fatores, que não podem ser ignorados, pois podem demandar mais tempo e esforço construtivo que os geralmente previstos.

visualização correspondentes a uma determinada categoria ou técnicas que atendam um dado atributo visual.

A organização da tabela periódica posiciona as técnicas de visualização, que possuem características e finalidades semelhantes, por proximidade. Tal estratégia facilita a categorização das técnicas de visualização de forma estática, principalmente no que diz respeito à classificação através de "Aplicação principal ou área de conteúdo" ("Main Application or Content Area"). Entretanto, a partir desse dicionário de técnicas de VI, há dificuldades na busca da informação quando se deseja pesquisar por vários atributos visuais simultaneamente, como por exemplo: obter todas as técnicas de visualização que sejam "Concept Visualization", "Detail and Overview", "Visualization Structure" e "Thinking Divergent".

Assim, além de consistir em uma busca lenta, o dicionário não disponibiliza uma forma interativa para obtenção do resultado, de forma a separá-lo visualmente das demais informações disponíveis no dicionário de técnicas de VI.

A tabela periódica da Visualização da Informação se utiliza do atributo de cor da área e posição para diferenciar as categorias de "Aplicação principal ou área de conteúdo" ("Main Application or Content Area"), cor da sigla para distinguir os princípios de "Tipo de Representação" ("Type of Representation") e símbolos para distinguir os princípios de "Ponto de vista" ("Point of View") e "Tipo de Pensamento de Ajuda" ("Type of Thinking Aid"). Várias estruturas organizacionais foram utilizadas para classificar as técnicas de Visualização da Informação segundo os atributos utilizados na metáfora da tabela periódica, mas o processo se torna complexo, uma vez que não facilita a busca das técnicas durante a Visualização da Informação.

Ao realizar consecutivas pesquisas de técnicas através desses símbolos, o usuário pode se confundir nos atributos visuais ao pesquisar as técnicas, principalmente quando suas imagens são similares, embora os atributos visuais destes símbolos sejam distintos.

Apesar dos problemas enumerados anteriormente, de todos os trabalhos correlatos reunidos na Revisão Sistemática Bibliográfica, se destaca o trabalho de Lengler e Eppler (2007), pelo fato de se apresentar como uma tentativa única de criação de um dicionário para classificação das técnicas visuais, categorização segundo alguns atributos visuais, criação de uma estrutura organizacional e, por este motivo, ele será utilizado como instrumento e ponto de partida para análise, como candidato a instrumento de busca eficiente de técnicas de VI.

Logo, é preciso formular um dicionário próximo das características da Tabela Periódica de VI, ou seja, que possuam os mesmos princípios organizacionais, capazes de oferecer ao usuário uma análise comparativa entre as técnicas de VI. É preciso também evoluir estes princípios organizacionais, utilizando a literatura científica acadêmica.

3.4 Análise Comparativa entre Trabalhos Correlatos

Um estudo comparativo foi realizado, no intuito de verificar quais os dicionários atentam os objetivos desta tese e comprovar que a Tabela Periódica de VI se destaca como trabalho correlato.

Este estudo pode ser visualizado através da Quadro 1, que compara nos seguintes quesitos:

- **Interação com usuário:** quando o dicionário possibilita interação com o usuário.
- **Interação de busca:** quando o dicionário possibilita interação com o usuário no processo de busca das técnicas de VI;
- **Diversas interações de busca simultâneas:** quando o dicionário possibilita várias interações com o usuário para buscar a técnica de VI, simultaneamente, ou seja, na mesma pesquisa;
- **Classifica técnicas de interação:** quando o dicionário possibilita além da classificação de técnicas de VI, a classificação de técnicas de interação com o usuário ou técnicas de animação, por exemplo: zoom, focus, etc.;

- **Classifica técnicas de interação:** quando o dicionário possibilita a classificação das técnicas de VI através de categorias. D3.js não possibilita classificação, uma vez que a grande maioria de suas técnicas estão concentradas no título “Visual Index”, de forma genérica;
- **Possibilita inclusão de técnicas:** o dicionário possibilita a inclusão de novas técnicas sem prejudicar sua organização estrutural e especial. Por exemplo, a Tabela Periódica de VI não possibilita inclusão de novas técnicas, pois há limitações de espaço em tela;
- **Rearranjo organizacional:** o dicionário possibilita o usuário criar um novo arranjo organizacional de forma interativa. O dicionário é capaz de se atualizar obedecendo as novas formas de arranjo;
- **Pesquisa sem ocultar técnicas na tela:** o dicionário deve ser capaz de possibilitar a pesquisa sem ocultar parte das técnicas na tela. Isso é necessário, pois impossibilita a comparação das técnicas segundo os parâmetros de busca configurados pelo usuário;
- **Sem quebras na tela:** o dicionário deve possibilitar a visualização de todas as técnicas de VI numa mesma tela, para que o usuário tenha sempre uma noção cognitiva de todo o conjunto de técnicas propostas por ele;
- **Dicionário com base acadêmica/científica:** indica que foi encontrado um artigo ou outra documentação acadêmica que explica de forma científica a organização do dicionário;
- **Múltiplos caminhos de pesquisa:** indica que o dicionário oferece mais de um caminho para o usuário interagir e encontrar a mesma técnica ou conjunto de técnicas de seu interesse. Possibilidade de busca por atributos diferentes: cor, filtro, posição, tamanho. Por exemplo, um usuário daltônico apresenta maior dificuldade de pesquisa através de cor;
- **Pesquisa com atalho de teclado:** oferece suporte à pesquisa *Fulltext Search*, através do nome da técnica ou através do atalho <control + F> do teclado;
- **Mostra código, exemplo ou descrição:** para cada técnica, o dicionário mostra o código para seu desenvolvimento ou detalhamento descritivo; e

- **Repositório (Git Hub):** indica que o dicionário é aberto para colaboração, encontra-se em um repositório para *download*. Isto implica em código aberto.

Quadro 1. Estudo comparativo dos trabalhos correlatos.

	Interação com usuário	Interação de busca	Diversas interações de busca simultâneas	Classifica técnicas de visualização	Classifica técnicas de interação	Possibilita inclusão de técnicas	Rearranjo organizacional	Pesquisa sem ocultar técnicas na tela	Sem quebras na tela	Dicionário com base acadêmica/científica	Múltiplos caminhos de pesquisa	Pesquisa com atalho de teclado	Mostra código ou detalhamento	Repositório (Git Hub)
D3.js	X				X	X	X					X	X	X
treevis.net	X	X	X	X		X	X					X	X	
ReThinking	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	
Impossible World				X		X		X				X	X	
Periodic Table de VI				X				X	X	X				
Treemap de VI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X

Fonte: (Elaborada pelo autor)

Conforme apresentado na relação comparativa dos trabalhos correlatos, há algumas características destacadas em vermelho que sinalizam a objetividade requerida relacionadas principalmente com a Tabela Periódica de VI. Tais características envolvem por um lado, a análise simultânea de técnicas de VI, possibilitada pelas pesquisas deste dicionário sem ocultar técnicas na tela e sem ocorrência de quebras na tela e, por outro lado, a existência de uma base acadêmica/científica para qualificar o trabalho, principalmente com relação à sua organização.

Estratégia de Dicionário de Técnicas para Visualização da Informação

Este capítulo possui como finalidade apresentar uma estratégia de dicionário de técnicas de Visualização da Informação que possua uma estrutura adequada para busca da melhor técnica de visualização a ser utilizado em determinada manipulação de informação, baseada nos conceitos da *Treemap*. Além disso, a análise de tarefas do usuário, os detalhes de sua implementação, testes dos dicionários e seus resultados também são apresentados para a análise comparativa com outras propostas de dicionários.

4.1 *Treemap* de Visualização da Informação

O dicionário da Tabela Periódica da Visualização da Informação, proposto por Lengler e Eppler foi convertido nesta tese em um dicionário com base na técnica de *Treemap* para Visualização da Informação, mantendo os princípios da estrutura organizacional, descritos na seção 3.3 *Tabela Periódica da Visualização da Informação*, com os novos atributos relacionados na Quadro 2. É mantido o processo interativo de apontamento e seleção em uma técnica para mostrar um exemplo de Visualização da Informação correspondente a uma dada técnica.

Quadro 2. Atributos visuais que definem as formas de visualização na *Treemap* de VI.

	Main Application or Content Area	Point of View	Type of Representation	Type of Thinking Aid
Posição (ou Tamanho)	X	X		
Área		X	X	X
Cor	X	X		X

Fonte: (Elaborada pelo autor)

As legendas foram substituídas por uma busca interativa com o usuário, que permite a escolha do atributo visual, o qual deve gerar a forma de visualização da *Treemap*. A busca interativa considera os atributos através dos princípios correlacionados na Quadro 2. Observe que o atributo de símbolo usado no dicionário da *Periodic Table* não é mais utilizado neste novo dicionário.

A escolha dos atributos visuais que definem as formas de visualização das informações é importante para definição da busca mais adequada e com a percepção esperada pelo usuário, conforme os fundamentos apresentados no tópico **2.1 Classificação das Técnicas de Visualização da Informação**. Na estratégia de dicionário de técnicas de VI aplicado em *Treemap*, alguns atributos podem ser utilizados para definir a busca da informação de mais de um princípio para categorizar as técnicas de Visualização da Informação. Por exemplo, é possível buscar pelo princípio de “Point of View” através de qualquer um dos atributos visuais, mas o atributo de posição é suficiente para organizar o princípio de “Main Application or Content Area”.

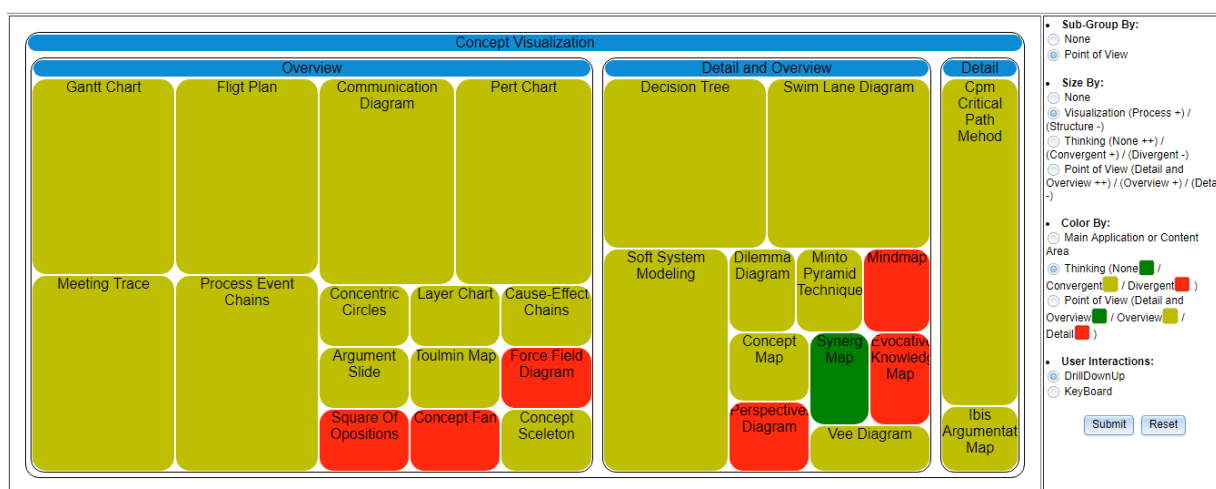
Para os princípios que possuem vários tipos, é necessário associar a variação no atributo, no momento da pesquisa. Por exemplo, atributo de cor para o princípio “Type of Thinking Aid” possui as variações de amarelo para “Convergent”, vermelho para “Divergent” e verde para “None”. O atributo de área para o princípio “Type of Representation” possui as variações de maior área para “Process” e menor área para “Structure”.

Durante a implementação, a arquitetura do componente exige a associação da técnica de VI com um peso correspondente ao atributo visual. Assim, o componente dá suporte à pesquisa da técnica associada ao respectivo atributo visual selecionado como parâmetro da pesquisa. A implementação é dinâmica, possibilitando ao usuário a escolha diversa destes parâmetros.

Foi disponibilizado um menu lateral para que o usuário possa interagir com as opções de escolha de seu interesse e possibilitar, em tempo real, a mudança da disposição das técnicas com este mesmo propósito. Ele pode escolher o princípio associado ao atributo visual que proporciona a melhor navegação para encontrar a técnica de VI.

Além disso, outra possível interação que facilita a Visualização da Informação consiste no mecanismo de *DrillDownUp* ou *Keyboard*. Em casos de *Treemaps* que contenham muitas informações (dezenas, centenas ou milhares), o recurso possibilita mostrar somente o grupo de informações de interesse, conforme ilustrado nas Figura 22 e Figura 23. Este mecanismo de interação possibilita mudar o foco para um conjunto de dados de interesse durante a análise visual.

Figura 22. *DrillDownUp* de “Concept Visualization”.

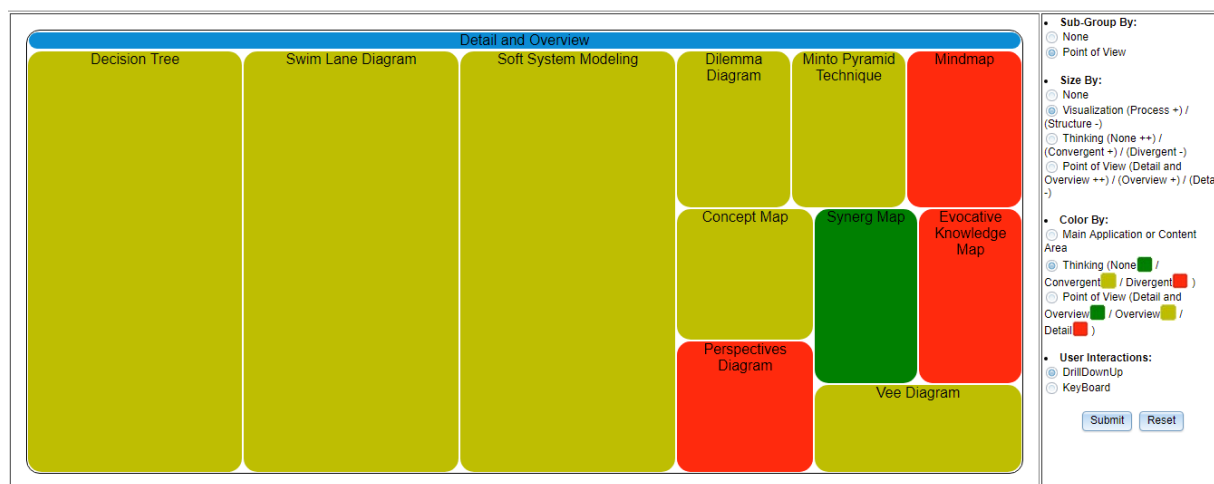


Fonte: (Elaborada pelo autor)

O usuário pode separar as informações segundo vários atributos visuais, como por exemplo: posição, área, cor e textura. A Figura 22 mostra um exemplo de *Treemap* cuja estrutura está orientada pelos atributos de posição, cor e área da “Concept

Visualization". É possível determinar uma estrutura na forma de árvore para cada atributo de busca.

Figura 23. DrillDownUp de "Concept Visualization – Detail and Overview".



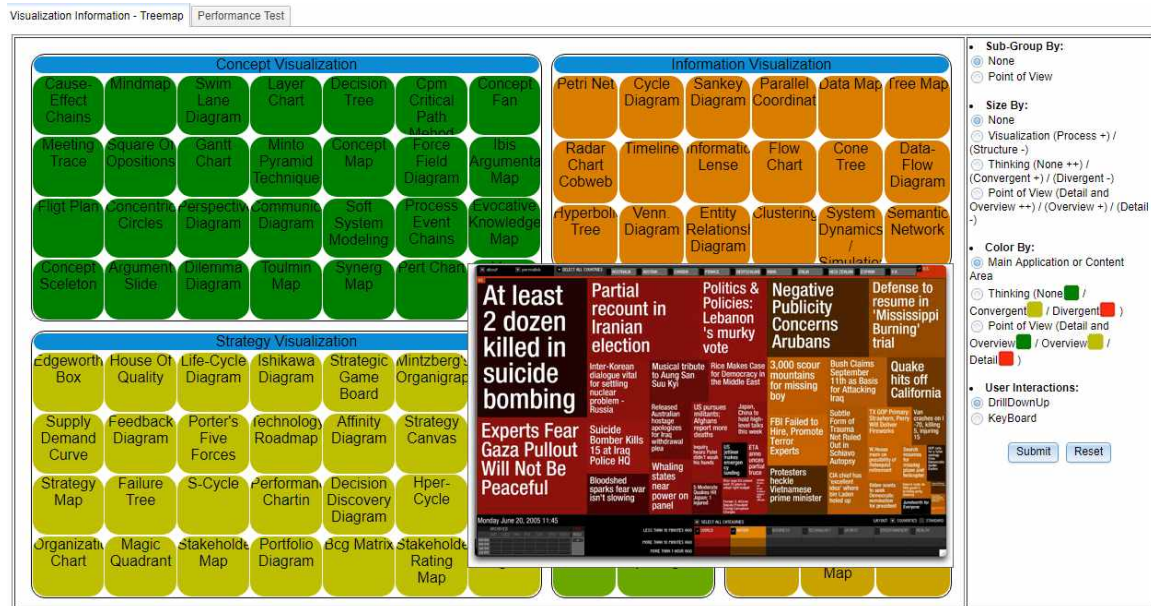
Fonte: (Elaborada pelo autor)

A estrutura da *Treemap* possibilita disponibilizar diversas formas de visualização para separá-las segundo atributos visuais de busca dos dados. O usuário pesquisa a informação, associando-a a um princípio desejado (por exemplo, "Point of View" do tipo "Detail") segundo um atributo visual de busca também desejado (por exemplo, pela cor vermelha) e a *Treemap* apresenta as informações conforme a preferência do usuário.

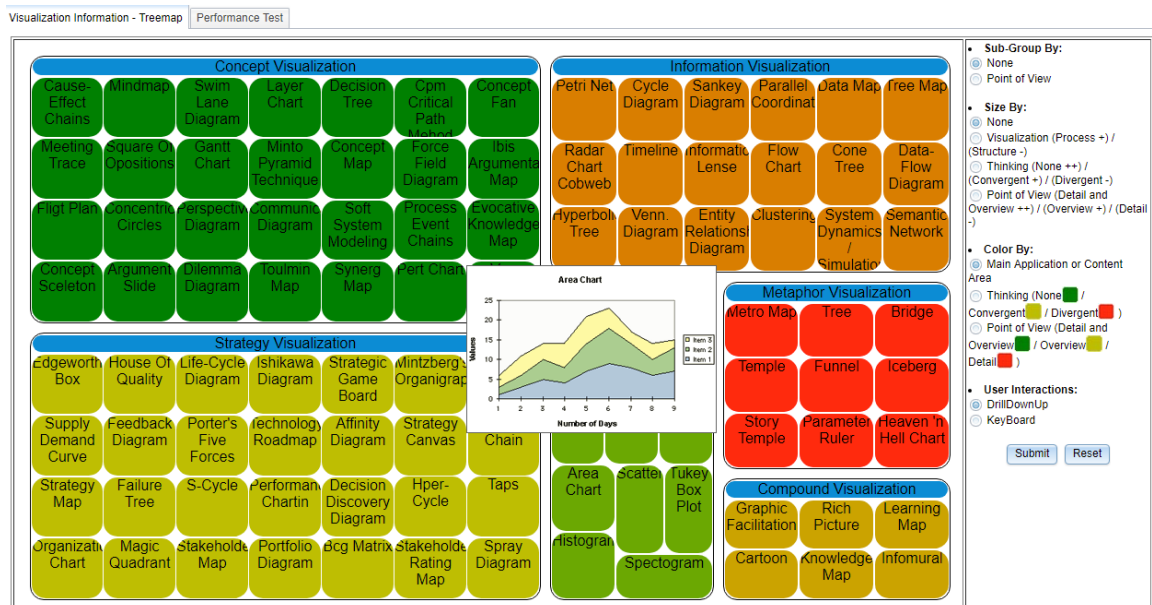
A Figura 24 mostra a interface do dicionário de técnicas, apresentado nesta tese, da *Treemap* de Visualização da Informação. O dicionário agrupa, por padrão, as técnicas por "Main Application or Content" e possibilita a interação com o usuário. No exemplo dessa figura, o usuário solicitou a separação por sub-grupos por "Detail e Overview", tamanho por "Visualization", na qual as técnicas caracterizadas com visualizações por processos possuem tamanhos maiores que os classificados por estruturas. O atributo de cor foi utilizado para separar as informações de "Thinking", em que as técnicas de cores amarelas correspondem ao "Convergent", vermelho os "Divergent" e verde os "None".

Assim, para obter todas as técnicas de visualização que sejam "Concept Visualization", "Detail and Overview", "Visualization Structure" e "Thinking Divergent", basta buscar no grupo de "Concept Visualization" e subgrupo "Detail and Overview", as técnicas que possuem área e tamanho pequenos e cor vermelha. Em uma única visualização apresentam-se todas as técnicas por meio dos atributos selecionados pela interação do usuário. Entretanto, para facilitar a visualização de um conjunto específico de técnicas, ainda é possível utilizar o mecanismo facilitador de interação *DrillDownUp*, clicando duas vezes no grupo de interesse "Concept Visualization" ou no subgrupo de interesse "Detail and Overview" do mesmo.

Ao apontar o cursor do *mouse* em cima de qualquer uma das técnicas na *Treemap* de VI, um exemplo dela é mostrado, assim como feito na Tabela Periódica de VI. A Figura 25 mostra a *Treemap* de Visualização da Informação, mantendo foco na técnica *Treemap* e, assim, mostrando um exemplo da técnica *Treemap* aplicado na propaganda e publicidade. A estratégia da *Treemap*, neste exemplo, mantém o foco maior na publicidade de clientes que realizam os maiores pagamentos, mostrando o seu anúncio em proporção equivalente ao valor pago. A Figura 26 mostra *Treemap* da Visualização da Informação, mantendo foco na técnica *Area Chart* e, assim, mostrando um exemplo desta outra técnica, na qual o atributo de cor separa uma área da outra, no gráfico cartesiano.

Figura 25. *Treemap* da Visualização da Informação, mantendo foco na técnica *Treemap*.

Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 26. *Treemap* da Visualização da Informação, mantendo foco na técnica *Area Chart*.

Fonte: (Elaborada pelo autor)

4.2 Metodologia e Detalhes da Implementação

A técnica *Treemap* de VI consiste em uma forma de visualização dinâmica e possui a estrutura organizacional em árvore. Sua dinamicidade consiste nas

possibilidades de mostrar vários registros combinados através de vários atributos visuais, dependendo da necessidade do usuário.

Quando os dados a serem visualizados estão relacionados entre si a partir de atributos visuais, que podem categorizá-los segundo algum parâmetro, é possível organizar estes dados em uma estrutura de árvore e mostrar através do componente gráfico de *Treemap*.

Várias ferramentas de desenvolvimento disponibilizam componentes que possibilitam a criação de técnica *Treemap*, como por exemplo, Java, .NET e Flex. Para o desenvolvimento da ferramenta do dicionário de técnicas de visualização baseado em *Treemap* foram utilizadas as tecnologias Javascript, HTML5 e Dojo Toolkit para *front-end* e Microsoft .NET, com linguagem C# para *back-end*.

A biblioteca do Dojo que implementa a *treemap* é “dojox/treemap/TreeMap”. As informações que constituem este componente podem vir da base de dados ou através de arquivos provenientes de qualquer camada do sistema, mas não é feita sob demanda. O ganho da *treemap* está na disponibilização dinâmica dos dados pelo componente, durante a interação e visualização das informações. Depois que o componente de *treemap* disponibiliza as informações ao usuário e ele já se encontra familiarizado com a técnica, a busca dos dados é bastante efetiva.

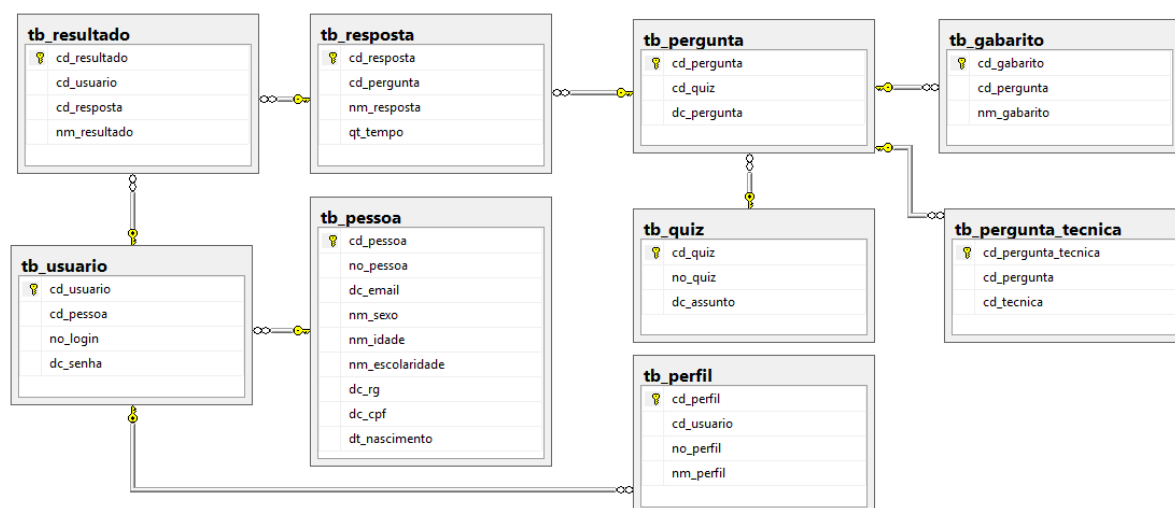
Foram implementados dois *Tab Container*, o primeiro para disponibilizar todas as funcionalidades da solução do dicionário *Treemap* de VI (descritas no seção 4.1 *Treemap de Visualização da Informação*) e outro para disponibilizar doze casos de testes intercalando buscas de informações nos dicionários da *Treemap* e *Periodic Table*.

O desenvolvimento utiliza a biblioteca “dojox/treemap/TreeMap” para a criação do dicionário *Treemap* de VI e a biblioteca “dojox/treemap/DrillDownUp” para o desenvolvimento da interação com o usuário para minimizar ou maximizar grupos e subgrupos desta técnica.

O segundo *Tab Container* contém o desenvolvimento de um procedimento sequencial, em forma de Quiz de doze testes, intercalando perguntas para que sejam

respondidas com base na técnica *Treemap* e perguntas a serem respondidas usando a *Periodic Table*. As perguntas são intercaladas e possuem o mesmo nível de dificuldade de busca para ambos os dicionários. O processo de teste armazena o tempo gasto pelo usuário para responder cada uma das perguntas e o resultado (correto ou incorreto) de cada uma das questões, como pode ser observado no Diagrama de Entidade e Relacionamento (DER) elaborado na Figura 27, tabela *tb_resposta*, coluna *qt_tempo*. Observe que a base de dados é preparada para armazenar mais de um Quiz. No caso apresentado deste trabalho, um para a comparação de dicionários de técnicas de VI e outro para comparação entre técnicas de VI, sinalizados respectivamente pelas chaves estrangeiras das colunas *cd_dicionario* da tabela *t_pergunta* e *cd_tecnica* da tabela *tb_pergunta_tecnica*.

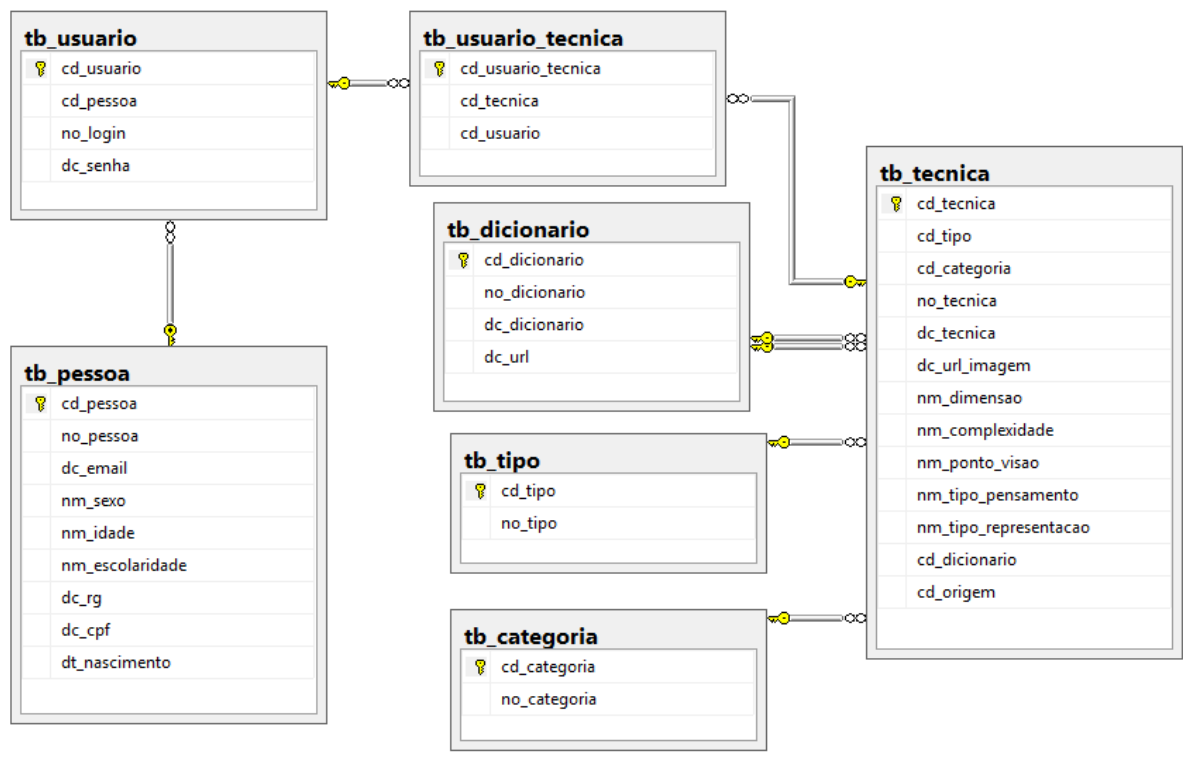
Figura 27. Diagrama de Entidade e Relacionamento do Quiz, na ferramenta Microsoft SQL Server.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

A implementação dos testes buscou selecionar um conjunto de perguntas que envolvam uma maior cobertura dos possíveis caminhos de busca da informação em ambos dicionários e o uso isolado dos atributos em cada caminho. Isso possibilita realizar conclusões mais assertivas a partir dos resultados de testes. Houve também a seleção do público alvo do Quiz através da escolaridade representado pela coluna *nm_escolaridade* da tabela *tb_pessoa*. Esta mesma tabela foi reutilizada no banco de dados para as pessoas responsáveis por cadastrar as técnicas e alimentar o dicionário *Treemap* de VI. Isto pode ser visto através da Figura 28 que representa o DER do dicionário *Treemap* de VI.

Figura 28. Diagrama de Entidade e Relacionamento do dicionário *Treemap* de VI, na ferramenta Microsoft SQL Server.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

4.3 Análise de Complexidade Cognitiva do Dicionário de Técnicas de VI

Esta seção possui a finalidade de analisar e comparar os processos de busca da informação nas visualizações dos dicionários de técnicas de VI apresentados nesta tese. O fundamento a ser utilizado consiste na classificação de técnicas de VI a partir de usabilidade nas tarefas do usuário, que depende do processo cognitivo das intenções do usuário e dos percursos disponibilizados pela técnica de VI. Outros fatores consistem na estrutura organizacional e atributos visuais disponibilizados para a busca da Visualização da Informação pelo usuário em determinada técnica, bem como da ordem de magnitude do número de operações fundamentais que a percepção humana precisa realizar para perceber, entender e abstrair os dados da forma visual.

A estratégia de criação de um novo dicionário de técnicas de Visualização da Informação é uma estratégia de inovação com relação à eficácia e eficiência no processo

visual. Entretanto, o dicionário não pode possibilitar perdas na eficiência visual. Para isto, essa seção apresenta como finalidade, realizar a análise de complexidade visual dos dicionários, de forma comparativa entre eles.

4.3.1 Análise de Visualização dos Dicionários de Técnicas de VI

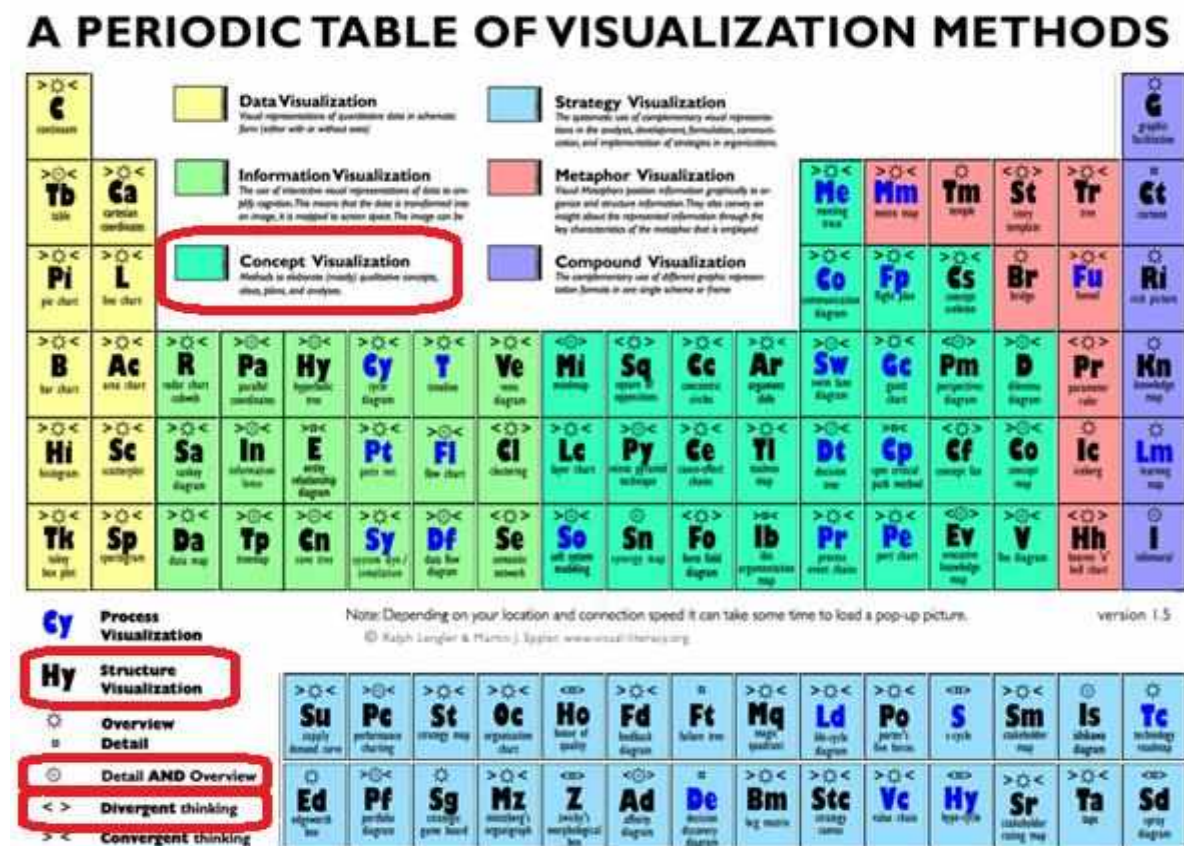
A análise de complexidade cognitiva pode ser realizada nos dicionários da *Treemap* em comparação à técnica de grade de símbolos metafórico à tabela periódica da química, conhecida como tabela periódica da informação, (ilustrada pela Figura 29). Na verdade, se trata de uma análise do percurso das tarefas do usuário na técnica da *Treemap* e da Tabela Periódica de VI para mensurar, de forma relacionada, o desempenho e usabilidade imersos em estudos de casos práticos e teóricos.

4.3.1.1 Estudo de Caso – Conceitos de Texto Dissertativo

Considere o exemplo prático real de busca de uma técnica para representar os conceitos de um determinado texto dissertativo. Ele pode ser utilizado para comparar o dicionário da tabela periódica com o dicionário da *treemap*.

Suponha que um determinado aluno de mestrado deseja realizar um desenho gráfico que represente os conceitos fundamentais de sua dissertação. Como se trata de conceitos, é necessário buscar por técnicas de VI cujo tipo seja visualização conceitual. Logo, considerando a organização utilizada por Lengler e Eppler (2007), que pode ser visualizada na Figura 29, é possível visualizar a pesquisa que o usuário terá que realizar, com as opções desejadas pelo problema proposto, através dos contornos vermelhos, posicionados nas legendas desta figura.

Figura 29. Tabela periódica das técnicas de visualização.



Fonte: (LENGLER; EPPLER, 2007).

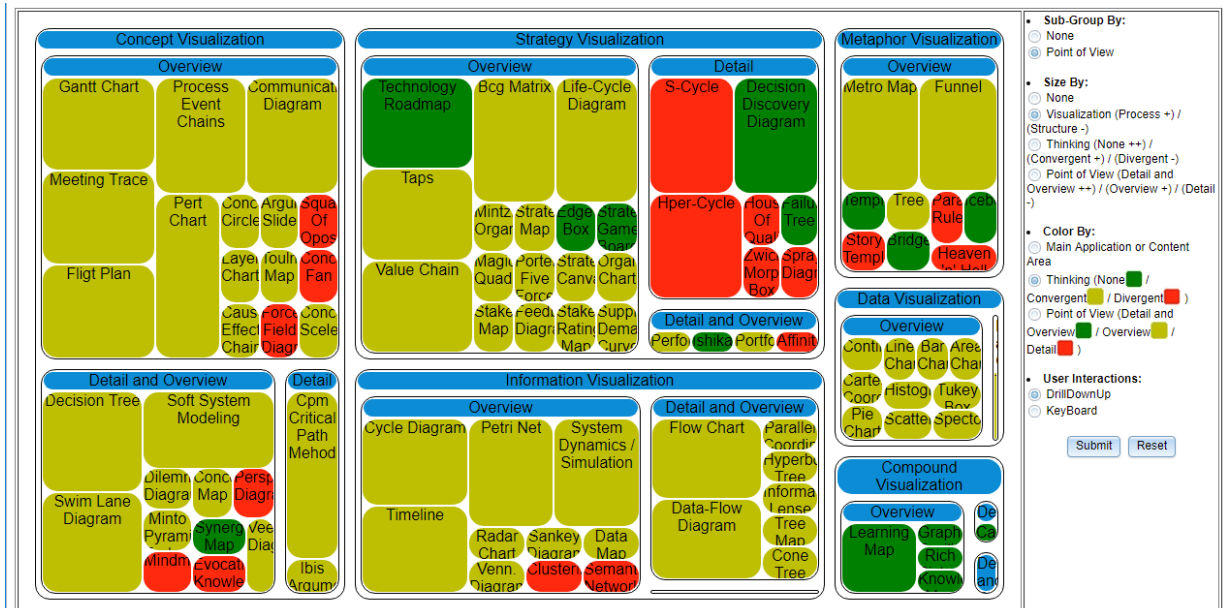
A área principal é a "Concept Visualization" por se tratar de informações conceituais. O ponto de vista deve ser "Detail AND Overview", uma vez que no texto de dissertação são apontados conceitos detalhados e também gerais. O tipo de pensamento de ajuda deve ser "Divergent Thinking" uma vez que ao relacionar conceitos há uma tendência para adicionar complexidade visual, ou seja, o tipo de pensamento neste caso é divergente segundo a classificação desses autores. O tipo de representação deve ser "Structure", pois a cognição humana tende a organizar as estruturas conceituais de forma estrutural (em contraposição do tipo processo). As estruturas organizacionais foram grafadas em suas legendas na

Figura 29. Observe que para encontrar as técnicas de "Concept Visualization" e "Structure Visualization" é bem simples. Mas para buscar através de "Detail AND Overview" e "Divergent thinking" é bem complexo na tabela periódica, pois os símbolos são confusos e requerem um percurso complexo de tarefas do usuário (com relação à quantidade e qualidade), para cada um dos atributos visuais de busca (símbolo), utilizado para filtrar por cada uma destas categorias.

Considere as tarefas de usuário de Yi et al. (2007) de filtrar, selecionar, abstrair/elaborar, explorar, conectar, reconfigurar, codificar, história, extrair recursos, participar/colaborar. A primeira tarefa de usuário para resolver este problema no dicionário da Tabela Periódica de VI é “conectar”, para relacionar as técnicas através das opções de legenda do dicionário, que são quatro. Após estas quatro tarefas, o usuário deverá realizar a tarefa de “filtrar” pelo grupo “Concept Visualization” (cor de *background* verde) e cor de símbolo preta para “Structure Visualization”. Após estas seis tarefas, o usuário deverá “selecionar” as técnicas de interesse através da separação dos símbolos de “Detail AND Overview” e “Divergent thinking” para os 16 elementos do conjunto filtrado. As tarefas do usuário contabilizam pelo menos 6 seleções e destas mais 3 outras seleções, totalizando em quinze tarefas do usuário.

Por outro lado, o dicionário *Treemap* de VI pode ser construído de forma interativa, possibilitando organizar itens para uma busca rápida. Considerando o mesmo exemplo de busca das técnicas mais adequadas para representar os conceitos de um texto dissertativo, a busca interativa no dicionário *Treemap* de VI pode ser realizada conforme as configurações mostradas na Figura 30. O subgrupo ("Sub-grup By") está configurado para "Detail and Overview", o tamanho ("size by") está configurado para visualização do tipo estrutura com tamanho pequeno ("Visualization (Structure -)") e, por último, cor vermelha para tipo de pensamento divergente ("Thinking Divergent > Red"). Neste caso, basta buscar pelas técnicas com tamanhos menores e cor vermelha.

Figura 30. Dicionário *Treemap* de VI com as técnicas de visualização organizadas para resolver o problema da técnica mais adequada para representar texto dissertativo.



Fonte: (Elaborado pelo autor).

A solução fica mais evidente ainda, utilizando a interação *DrillDownUp* para separar visualmente o grupo “Concept Visualization” e subgrupo “Detail and Overview”, conforme mostrado na Figura 31. A partir disto, é possível separar de forma muito fácil quais são os elementos desejados, utilizando os atributos visuais de cor vermelha e menor tamanho. Com isto, comprova-se que o dicionário *Treemap* de VI é mais eficiente que o dicionário da Tabela Periódica da VI, a partir deste caso de teste prático.

Figura 31. Dicionário *Treemap* de VI depois de realizada a interação de *DrillDownUp* no grupo “Concept Visualization” e subgrupo “Detail and Overview”.

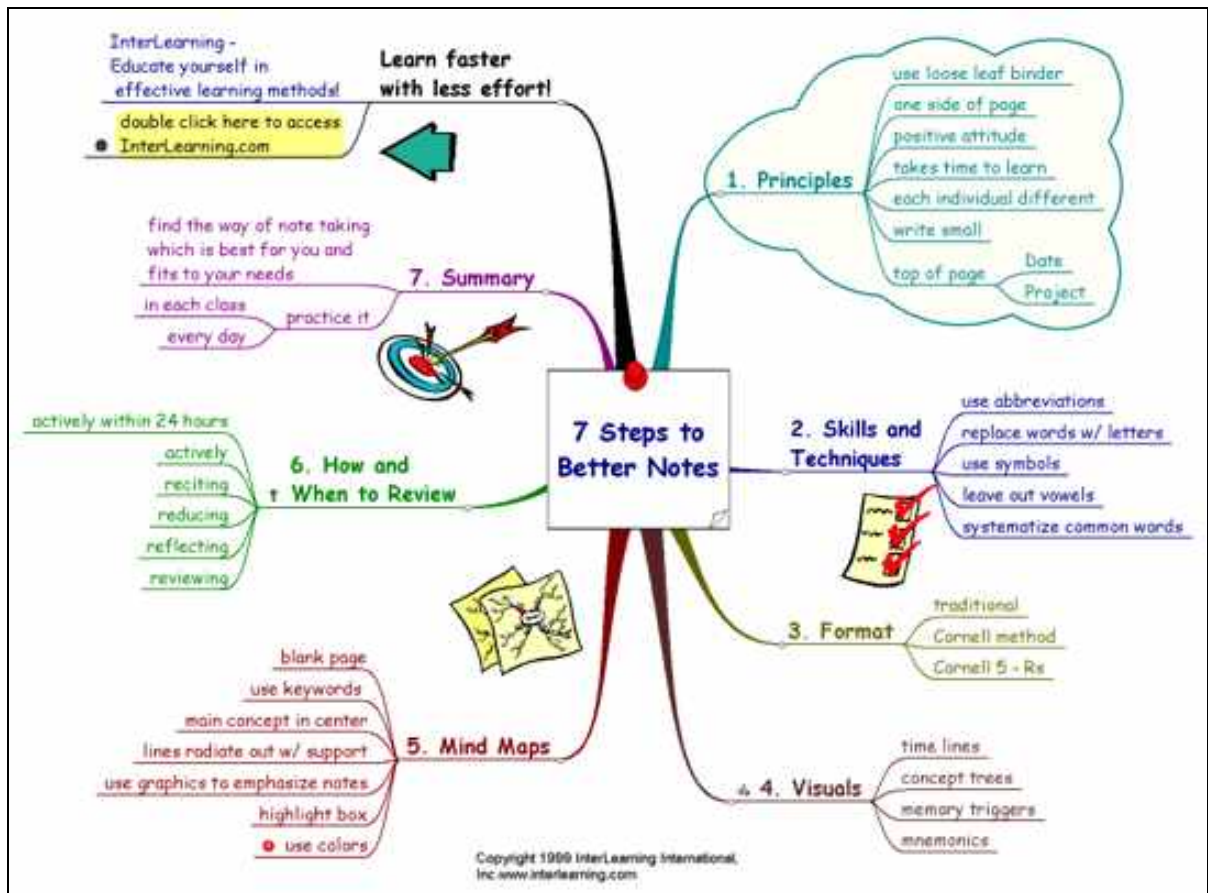


Fonte: (Elaborado pelo autor).

O resultado da solução para este caso prático, das técnicas mais adequadas para representar os conceitos dissertativos, consiste nas técnicas "Mindmap", "Evocative Knowledge Map" e "Perspectives Diagram" conforme mostrado respectivamente nas Figura 32, Figura 33 e Figura 34.

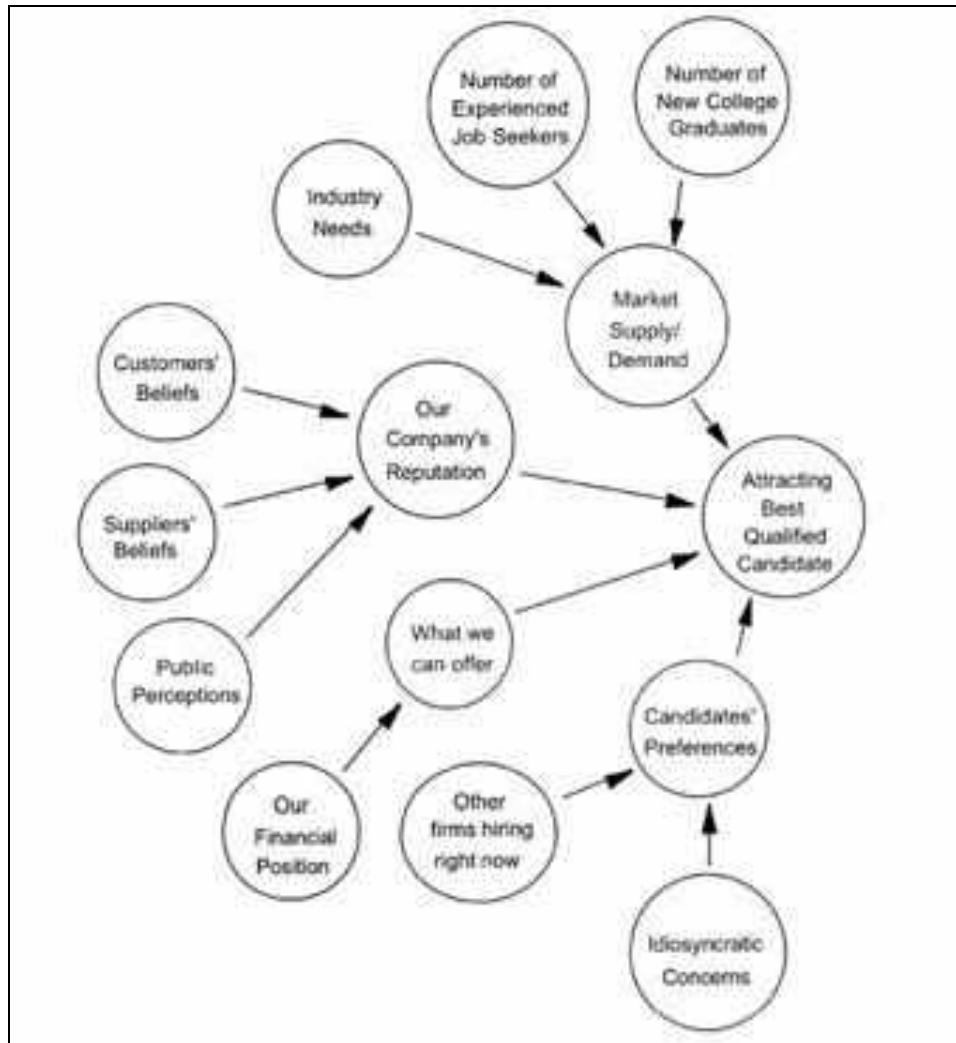
Considere as tarefas de usuário de Yi et al. (2007) de filtrar, selecionar, abstrair/elaborar, explorar, conectar, reconfigurar, codificar, historiar, extrair recursos, participar/colaborar. A primeira tarefa de usuário para resolver este problema é “conectar”, para relacionar as técnicas através das opções “Size by” e “Color by”. Após estas duas tarefas, o usuário deve solicitar o rearranjo estrutural com a tarefa de usuário “reconfigurar”, clicando no botão e, logo após isto, realizar a tarefa de “filtrar” pelo grupo “Concept Visualization”, subgrupo “Detail and Overview”. Após estas quatro tarefas, o usuário deve “selecionar” as técnicas de interesse através da separação dos itens em vermelho de menor tamanho. Como esta tarefa é imediata, contabiliza-se apenas uma, totalizando em apenas cinco tarefas do usuário. Como visto na análise da Periodic Table, para resolução do mesmo problema foram necessárias quinze tarefas do usuário, devido às tarefas de usuário utilizadas nos símbolos que requerem maior cognição humana para execução.

Figura 32. Técnica “Mindmap” exemplificada no dicionário da Tabela Periódica da Visualização da Informação.



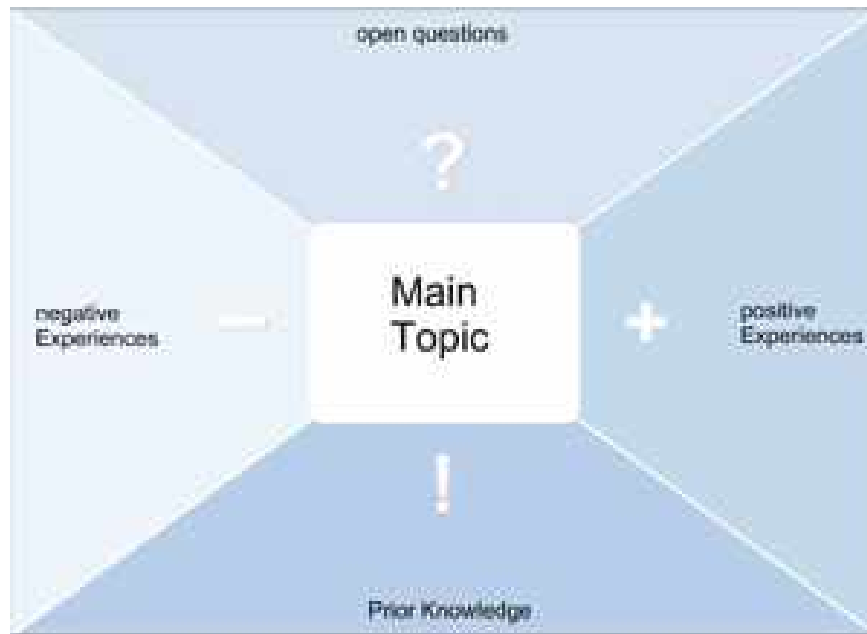
Fonte: (LENGLER; EPPLER, 2007).

Figura 33. Técnica “*Evocative Knowledge Map*” exemplificado no dicionário da Tabela Periódica da Visualização da Informação.



Fonte: (LEGLER; EPPLER, 2007).

Figura 34. Técnica “*Perspectives Diagram*” exemplificado no dicionário da Tabela Periódica da Visualização da Informação



Fonte: (LEGLER; EPPLER, 2007).

4.3.1.2 Estudo de Caso – Big-Data

Suponha, desta vez, um problema prático de busca de técnicas de VI convencionais para *Big Data* mais comuns em *Data Analytics*. Miller (2017) destaca:

- *Table*;
- *Histogram*;
- *Scatter plot*;
- *Line, bar, pie, área, flow e blubple charts*;
- *Data series ou combination of charts*;
- *Time line*; e
- *Venn diagrams, data flow diagrams e entity relationship (ER) diagrams*.

Para encontrar as técnicas convencionais no dicionário *Treemap* de VI, basta filtrar pelo grupo “Data Visualization”. No dicionário da tabela periódica, também basta filtrar pelo mesmo grupo, onde a maioria das técnicas estão posicionadas. A

tarefa do usuário de filtrar pelo grupo é a mesma em ambos dicionários, levando ao mesmo grau de qualidade e desempenho de busca da informação, neste caso.

Segundo este mesmo autor, há outras técnicas menos conhecidas surgindo de acordo com as novas necessidades nesta área, como por exemplo:

- *Network diagrams;*
- *Parallel coordinates;*
- *Treemap;*
- *Cone trees; e*
- *Semantic networks.*

De forma análoga à busca pelas técnicas convencionais no dicionário *Treemap* de VI, basta filtrar pelo grupo "Information Visualization". No dicionário da tabela periódica, também basta filtrar pelo mesmo grupo, onde a maioria das técnicas estão posicionadas. O resultado é o mesmo, a tarefa do usuário de filtrar pelo grupo é a mesma em ambos dicionários, levando ao mesmo grau de qualidade e desempenho de busca da informação, neste caso.

4.3.1.3 Estudo de Caso – Caso Hipotético

Considere, agora, um outro problema hipotético qualquer na busca das técnicas de "Strategy Visualization" que possuem "Visualization process", princípio "Point of View" do tipo "Overview" e ao mesmo tempo com o princípio "Thinking" do tipo "Convergent".

Para resolver este problema, o usuário terá as quatro tarefas "conectar" para relacionar a legenda com as técnicas de interesse. Após isto, uma tarefa de "filtrar" as técnicas de cor azul, separando as $n=28$ técnicas de VI existentes na categoria "Strategy Visualization", segundo o dicionário da Tabela Periódica de VI, mostrados na Figura 35. Para buscar todas as técnicas com o princípio "Visualization" do tipo "Process" é suficiente realizar uma tarefa "filtrar" novamente, para separar de forma visual as $m=6$ técnicas segundo o atributo de cor azul correspondente a esse princípio ("life-cycle

diagram", "s-cycle", "technology roadmap", "decision discovery diagram", "value chain" e "hype-cycle"). Contabiliza-se até então seis tarefas do usuário. O atributo visual de cor é bem usado pela percepção humana e, portanto, um bom atributo visual, neste caso.

Figura 35. Análise de algoritmo da “Strategy Visualization” da “Periodic Table”.

Cy	Process Visualization														
Hy	Structure Visualization														
☀	Overview	☀<	>☀<	>☀<	>☀<	<☀>	>☀<	☀	>☀<	>☀<	>☀<	<☀>	>☀<	☀	☀
□	Detail	Su	Pe	St	Oc	Ho	Fd	Ft	Mq	Ld	Po	S	Sm	Is	Tc
		supply demand curve	performance charting	strategy map	organization chart	house of quality	feedback diagram	failure tree	magic quadrant	life-cycle diagram	porter's five forces	s-cycle	stakeholder map	ishikawa diagram	technology roadmap
☉	Detail AND Overview	☀	>☀<	☀	>☀<	<☀>	>☀<	☀	>☀<	>☀<	>☀<	<☀>	>☀<	>☀<	<☀>
< >	Divergent thinking	Ed	Pf	Sg	Mz	Z	Ad	De	Bm	Stc	Vc	Hy	Sr	Ta	Sd
> <	Convergent thinking	edgeworth box	portfolio diagram	strategic game board	mitsubishi's organigraph	zwicky's morphological box	affinity diagram	decision discovery diagram	bcg matrix	strategy canvas	value chain	hype-cycle	stakeholder rating map	tap	spay diagram

Fonte: (LENGLER; EPPLER, 2007).

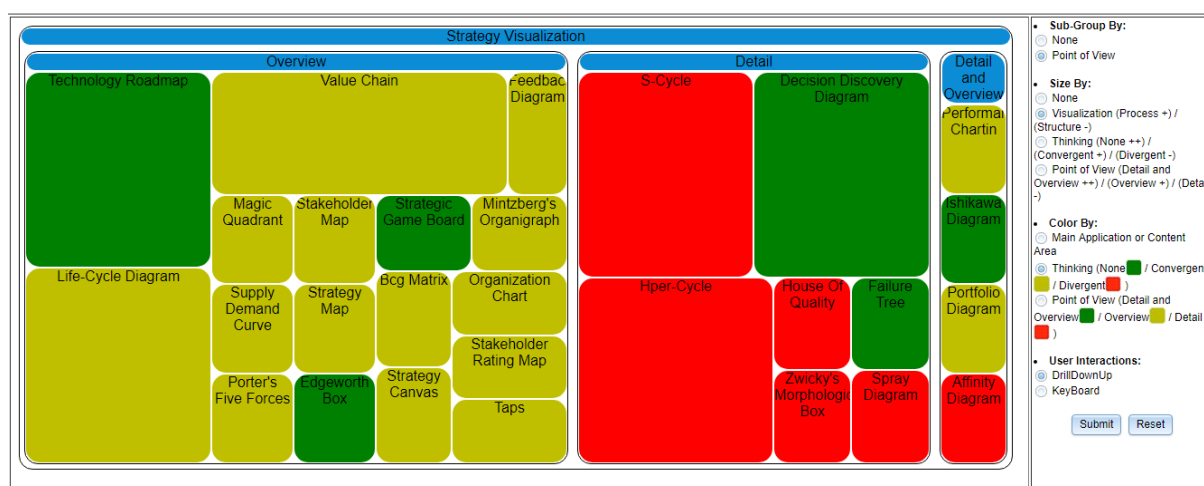
Entretanto, para buscar todas as técnicas com o princípio “Point of View” do tipo “Overview” e ao mesmo tempo com o princípio “Thinking” do tipo “Convergent” é necessário percorrer todas as $m=6$ técnicas da “Strategy Visualization” para verificar se o símbolo de cada técnica corresponde ao da legenda dos atributos visuais a serem buscados. Após verificar para o primeiro atributo visual, deve-se percorrer todas as técnicas do conjunto desse atributo e delimitar quais também atendem ao segundo atributo. Assim, é necessário percorrer e “selecionar” todas as $n=6$ técnicas, delimitando $o=3$ técnicas do tipo “Overview” e, logo em seguida, percorrer os $o=3$ técnicas para verificar $l=1$ contém também o princípio “Thinking” do tipo “Convergent”. Contabiliza um total de onze tarefas do usuário, pois ele deverá ter que “selecionar” $o=3$ técnicas de $m=6$ e “selecionar” novamente $l=1$ de $o=3$ técnicas durante as novas tarefas visuais.

O mesmo estudo de caso utilizado na análise do dicionário da Tabela Periódica de VI será utilizado na análise do dicionário da *Treemap* de VI, a seguir. Entretanto, os atributos de visualização dos dicionários são diferentes, pois enquanto a Tabela Periódica de VI utiliza o atributo de símbolo para buscar por determinados princípios, a *Treemap* de VI utiliza somente os atributos de posição, área e cor para qualquer princípio.

Neste dicionário da *Treemap* de VI, é preciso utilizar três tarefas do usuário de “conectar” para verificar como os dados estão sendo relacionados com a pesquisa interativa, ou seja, marcar cada uma as opções de interação da *Treemap*. As opções marcadas são: “Sub-Group By” igual a “Point of View”, “Size By” igual a “Visualization” e “Color By” igual a “Thinking”. Logo após isto, uma tarefa de “reconfigurar” para mudar o rearranjo de pesquisa. Para fazer isto, basta o usuário clicar no botão “Submit”. Após isto, a próxima tarefa é “filtrar”, utilizando o atributo visual de cor para "Thinking", subgrupo para “Point of View” e posição ou área para "Visualization" como mostrado na Figura 36, basta separar o número de áreas amarelas com tamanhos grandes do subgrupo “Overview”. Para “filtrar”, são necessárias portanto três tarefas. Neste percurso, sete tarefas foram realizadas, para “conectar”, “reconfigurar” e “filtrar”.

Enquanto o dicionário *Periodic Table* demandou onze tarefas para resolver o problema proposto, o dicionário *Treemap* de VI demandou apenas sete tarefas. Isto ocorre, pois o atributo visual de símbolo utilizado na *Periodic Table* exige mais tarefas do usuário para percorrer as tarefas e “selecionar” as de seu interesse.

Figura 36. Análise cognitiva - *Strategy Visualization* da *Treemap* de VI.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Como o dicionário da Tabela Periódica utiliza os atributos visuais de grupo ou posição (para "Main Application or Content Area"), cor (para "Type of Representation") e símbolo (para "Type of Thinking Aid" e "Point of View"), logo os

primeiros atributos visuais exigem tarefas de usuário de “filtrar” enquanto que os últimos atributos visuais exigem tarefas do usuário de “selecionar”. As tarefas de filtro eliminam uma grande quantidade de técnicas em seu uso, enquanto as de seleção exigem mais do usuário, pois ele deve percorrer técnica por técnica para separar visualmente as de seu interesse.

Já o dicionário da *Treemap* utiliza os atributos de grupo ou posição (para "Main Application or Content Area" e "Point of View"), cor (para "Main Application or Content Area", para "Point of View" e para "Type of Thinking Aid") e área ou tamanho (para "Point of View", para "Type of Representation" e para "Type of Thinking Aid"), mostrado na Quadro 2. Após realizar as tarefas de “conectar” para configurar as pesquisas através dos atributos visuais de interesse do usuário, basta realizar mais uma tarefa clicando no botão para “reconfigurar” o arranjo dos itens. Após isto, basta realizar as tarefas do usuário de “filtrar” para encontrar as técnicas de interesse. Por esta causa, o dicionário da *Treemap* de VI é mais eficiente que o *Periodic Table*, na grande maioria das suas pesquisas.

4.3.1.4 Estudo de Caso – Inteligência Artificial

A área de Inteligência Artificial exige muita análise dos dados e dos processos recorrentes de otimização. Por exemplo, o Algoritmo Genético (GA) é um método utilizado para resolver problemas de otimização com grande número de combinações possíveis. A análise desse algoritmo realizada de forma visual é complexa, uma vez que o algoritmo sofre modificações frequentes (em tempo de execução) chamadas de cruzamento e mutação em uma população inicial de indivíduos, que pode ser criada de forma aleatória. Esta população sofre modificações a cada interação e deve ser acompanhada, preferencialmente de forma visual para uma boa ação de experiência e observação dos resultados com relação às configurações.

Vários parâmetros de configuração influenciam na execução do programa, por exemplo, o tipo de GA (Roleta, Torneio, Elitismo), quantidade de indivíduos para população inicial, etc.. Uma interface gráfica que possibilita ao usuário interagir e configurar estes valores como parâmetros durante a análise da execução deste

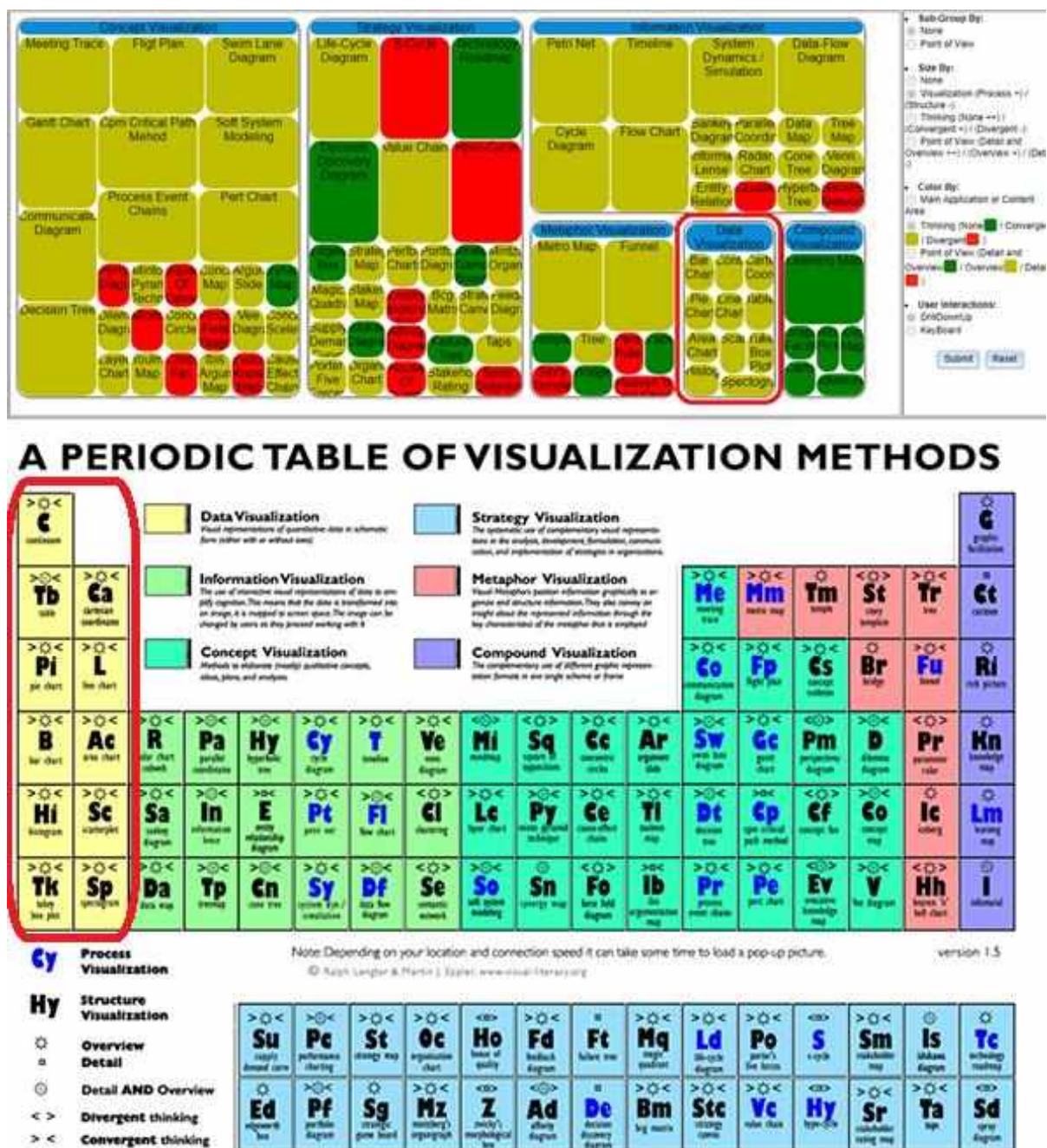
algoritmo, auxilia muito na sua análise. Outro fator muito importante para uma boa análise é o acompanhamento visual em tempo real (ou mesmo com um atraso proposital para que o usuário consiga acompanhar os processos do GA). Cada problema do GA exige uma técnica diferente dependendo da natureza do problema.

Um possível estudo de caso de GA consiste em resolver o problema teórico e hipotético do percurso da peça do xadrez “cavalo” por todo o tabuleiro de xadrez, sem passar mais de uma vez por posição. A mensuração disto ocorre através da quantidade de passos hamiltonianos realizados pelo percurso. O ciclo hamiltoniano fecha quando todos os vértices do grafo (das casas do xadrez) são percorridos exatamente uma vez. Há várias soluções possíveis para este problema e seu acompanhamento ocorre através do percentual de casas que o indivíduo consegue atingir, variando de 0 a 100%. Ao atingir 100%, o indivíduo resolve o problema com máxima otimização.

A pesquisa da técnica adequada para resolvê-lo, tanto no dicionário de tabela periódica quanto na *Treemap* de VI é muito simples. Pode ser realizada da seguinte forma:

- **Main Application or Content Area:** Uma representação de resultados de dados da GA é buscada pelo grupo “Data Visualization”; e
- **Visualization Structure:** Uma representação estrutural para acompanhamento evolutivo dos dados.

Poucas tarefas do usuário são realizadas para encontrar as técnicas de VI, basta “filtrar” pelo agrupamento “Data Visualization” tanto na *Treemap* de VI quanto na Tabela Periódica e “selecionar” a técnica mais adequada, pois todas neste conjunto são estruturais (não existe técnica de VI neste grupo com visualização em forma de processo). Esta análise cognitiva de tarefas do usuário pode ser vista através da Figura 37.

Figura 37. Análise cognitiva – *Data Visualization* da *Treemap* de VI e Tabela Periódica de VI.

Fonte: (Elaborada pelo autor)

A solução foi realizada através da escolha da técnica de gráfico de barras. Cada indivíduo do Algoritmo Genético é representado por uma barra e o valor da barra consiste no percentual de passos do ciclo hamiltonino atingido por ele. Como o acompanhamento da evolução deve ocorrer *online*, a progressão temporal deve ser

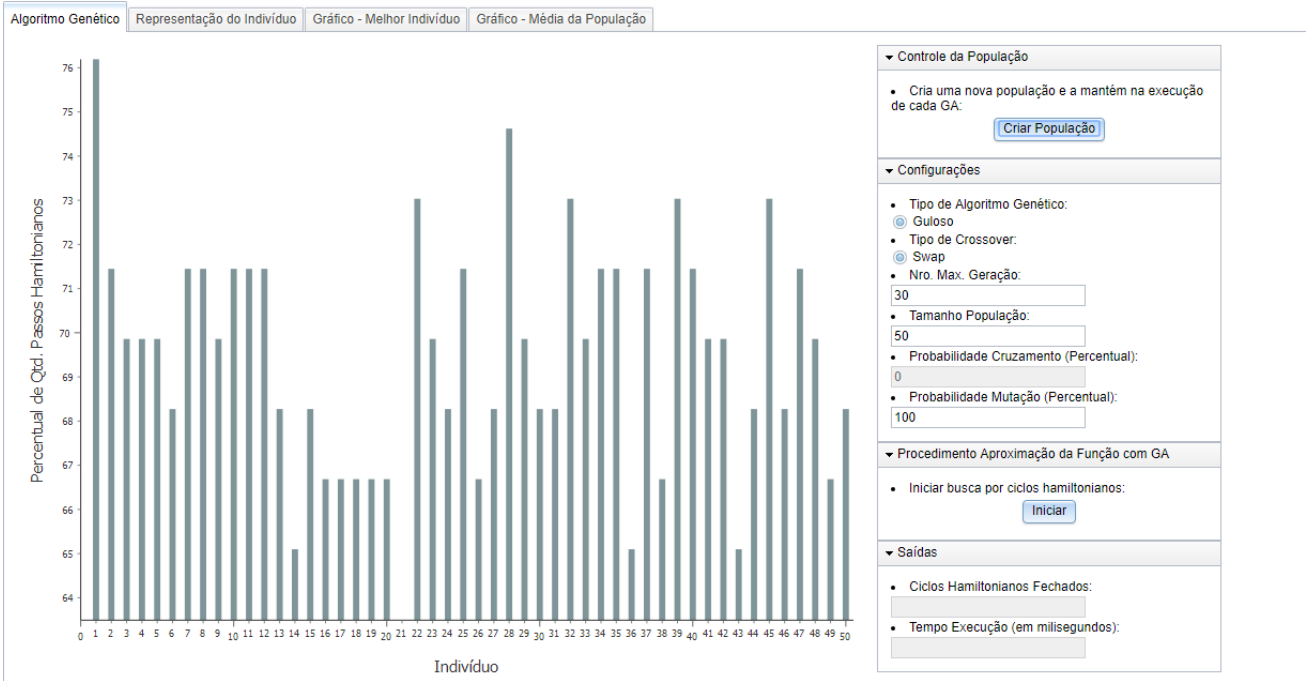
acompanhada com a atualização sequencial do gráfico, como pode ser mostrado sequencialmente através das Figura 38,

Figura 39 e Figura 40. Observe que o grau de evolução dos indivíduos do Algoritmo Genético (representados por cada barra do gráfico de colunas) progride em poucas interações e pode ser bem visualizado de forma temporal. O desempenho visual na interpretação das informações, bem como a usabilidade da técnica utilizada é bastante eficiente e eficaz, pois possibilita uma síntese do resultado procedimental da execução algorítmica.

A Figura 40 mostra a solução do problema apontando, no gráfico, o indivíduo de número 20 com os passos hamiltonianos completos em 100%. A

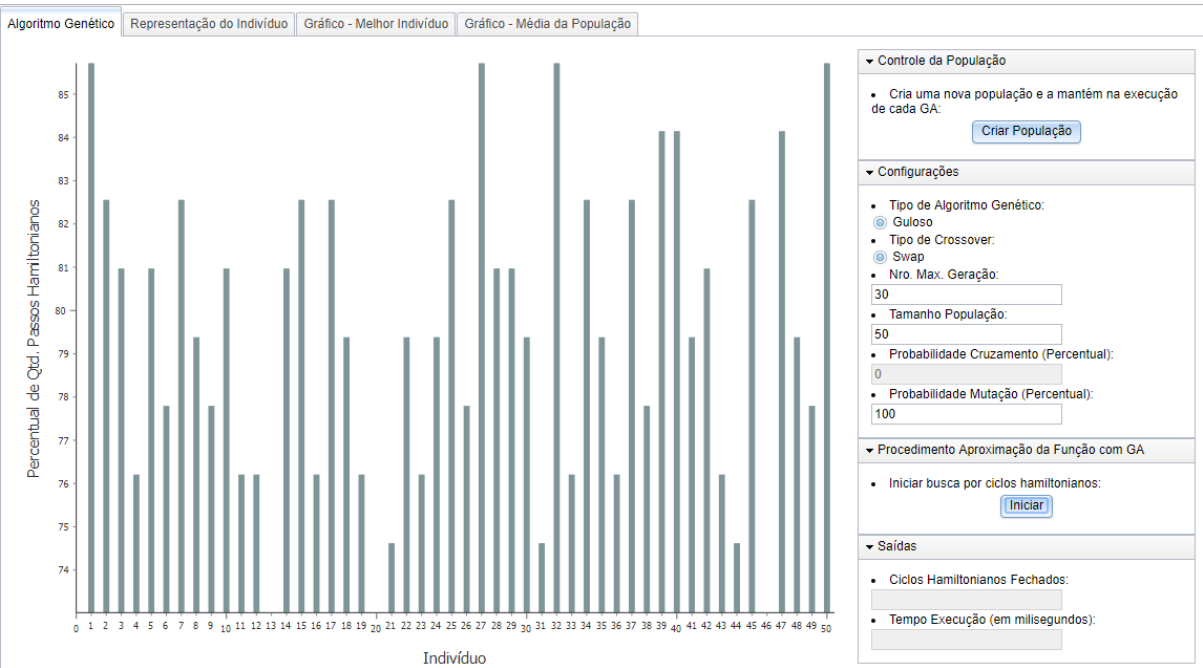
Figura 41 mostra a representação em um gráfico metafórico ao percurso realizado no tabuleiro de xadrez, encontrada por esse indivíduo do algoritmo genético.

Figura 38. Análise evolutiva sequencial do Algoritmo Genético – População Inicial.



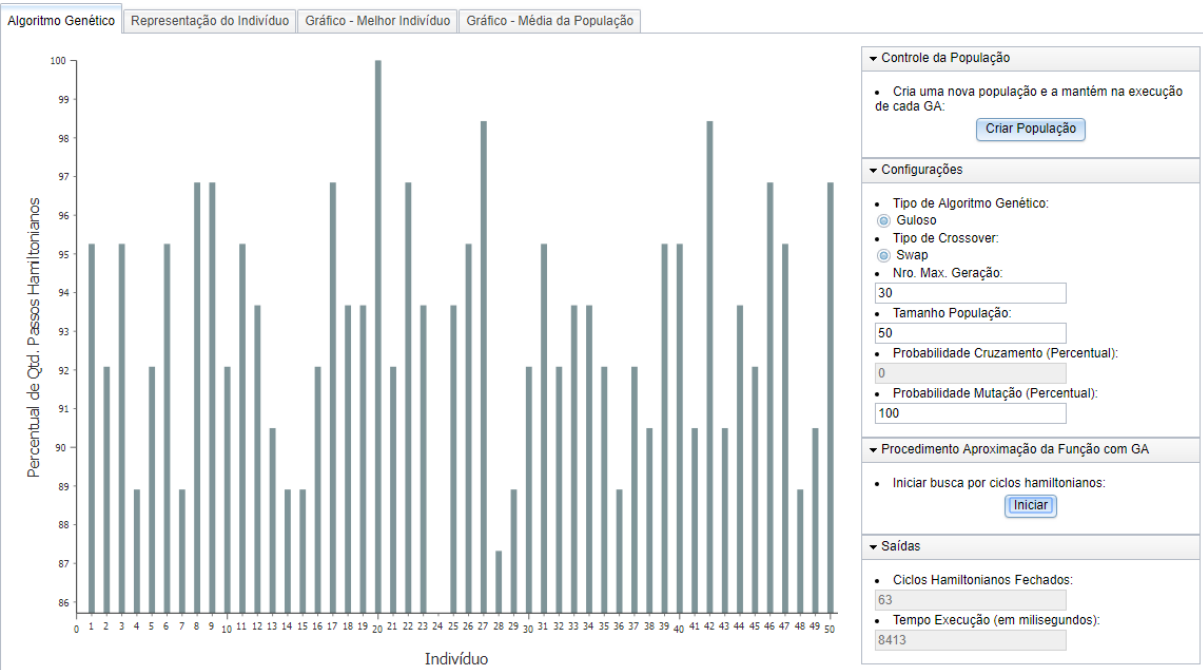
Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 39. Análise evolutiva sequencial do Algoritmo Genético – Percurso intermediário.



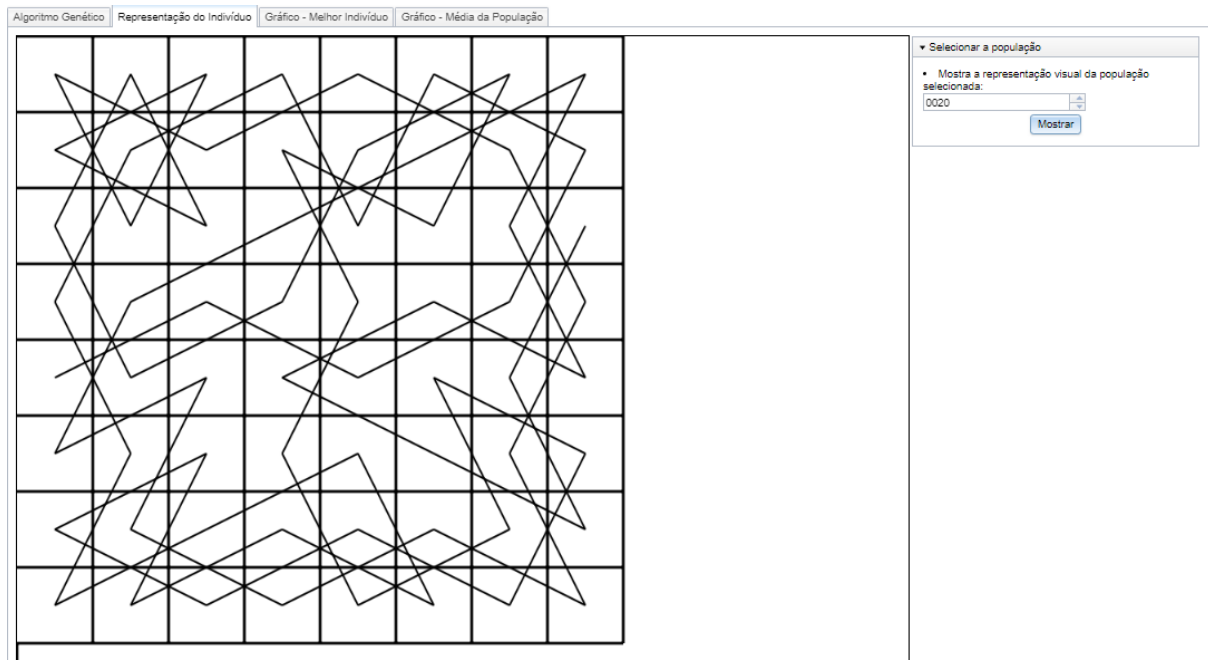
Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 40. Análise evolutiva sequencial do Algoritmo Genético – Percurso Final.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 41. Solução do problema proposto do percurso do Cavalo no jogo de xadrez.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Há ainda a necessidade de acompanhamento da evolução populacional durante a execução do algoritmo genético. Isto pode ser realizado através de um gráfico de linha com a média temporal dos resultados de todos os indivíduos da população.

4.3.2 Análise de Resultados de Testes Práticos

A avaliação de técnicas de VI é necessária para verificar a eficiência destas técnicas em tarefas de apoio dos usuários, bem como verificar as suas capacidades para mostrar informações importantes que facilitam a análise, interpretação e compreensão do conjunto de dados. Tal avaliação é, acima de tudo, importante para levar a desenvolvimento de novas técnicas:

Nos últimos anos, a avaliação das técnicas de visualização foi abordada explicitamente pela comunidade de Visualização da Informação [2] [20]. Tal avaliação é necessária para verificar (1) a eficiência dessas técnicas como suporte para as tarefas dos usuários e (2) se elas são capazes de mostrar informações relevantes, o que torna fácil analisar, interpretar e compreender os conjuntos de dados. Essa avaliação é importante, sobretudo, para

impulsionar o desenvolvimento de novas técnicas. (Pillat; Valiati; Freitas, 2005, tradução nossa)

Nesta tese, construiu-se uma ferramenta Web de testes em forma de *Quiz*, a fim de realizar experimentos e coletar dados para análise dos resultados. Foram realizados um total de 960 testes. Os testes foram aplicados a 80 usuários, dos quais 20% destas pessoas realizaram o teste presencial e o restante realizou-o *online*.

Uma estratégia foi adotada para garantir uma boa apresentação do problema e dos mecanismos interativos dos dicionários para o usuário. Antes de iniciar os testes, a primeira tela do sistema mostra o dicionário Treemap de VI para que o usuário possa interagir com as técnicas de VI, entender o problema e também os mecanismos interativos que possibilitam a busca pela solução. Após este primeiro contato, o usuário pode iniciar a sequência de testes e, somente a partir disto, irá contabilizar o tempo para resolver cada problema proposto pelo Quiz.

Os testes foram projetados para mensurar coberturas de usabilidade e, ao mesmo tempo, de desempenho. Os objetivos propostos pelos testes são práticos, exigem uma certa navegação nos dicionários para encontrar determinadas técnicas de VI, o que testam a usabilidade dos mecanismos de interação e visualização em cada dicionário. Houve também um planejamento com relação à massa de testes, para que não tenha uma quantidade longa de questões aos usuários (para que o processo não seja cansativo) e, ao mesmo tempo, para que não seja muito curta no sentido de abrangência de dificuldades que possam ser enfrentadas ao navegar nos sistemas. Com o objetivo de facilitar as interações do usuário com os dicionários, foi possível elaborar perguntas com direcionamento quantitativo ao usuário, mas que exige o uso de atributos visuais com percepções quantitativas, mas também qualitativas. Assim, os problemas foram planejados para:

- Facilitar o entendimento inicial do usuário;
- Considerar uma massa necessária e suficiente para abrangência de todas funcionalidades e dificuldades existentes no escopo do sistema; e

- Mensurar usabilidade e desempenho dos usuários com relação aos atributos visuais e tarefas do usuário ao navegar nos dicionários.

No teste, o usuário deveria responder a 12 perguntas relacionadas aos dicionários de VI. Cada pergunta avaliou um ou mais atributos de visualização. Após responder todas as perguntas, o sistema mostrou o resultado do teste informando a quantidade de erros, o tempo gasto para responder a pergunta, o dicionário de visualização e os atributos envolvidos em cada pergunta.

O sistema também armazenou o tempo gasto e o resultado até o final do processo. A Figura 42 mostra o resultado final processado pelo sistema e apresentado ao usuário, quando ele responde a última das doze questões. A partir dos resultados e do tempo gasto em milissegundos, para cada uma das questões, foi possível fazer um comparativo de performance de uso de cada um dos dicionários de técnicas de VI.

Figura 42. Resultado dos Testes – Resposta do Questionário.

Resultado do Teste							
Number	Question	Answer	Expected Answer	Result	Answer Time	Visualization Information	Criteria
1	Quantas visualizações da informação possui na 'Information Visualization'?	18	18	Correct	10752	Treemap	group
2	Quantas visualizações da informação possui a 'Metaphor Visualization'?	9	9	Correct	14817	Periodic Table	group
3	Quantas visualizações do tipo 'Visualization - Process' existem na 'Strategy Visualization'?	8	8	Correct	19816	Treemap	group, (size - position)
4	Quantas visualizações do tipo 'Visualization - Process' existem na 'Concept Visualization'?	10	10	Correct	23112	Periodic Table	group, cor
5	Quantas visualizações do tipo 'Thinking - Divergent' existem na 'Concept Visualization'?	6	6	Correct	23937	Treemap	group, (size - position)
6	Quantas visualizações do tipo 'Thinking - Divergent' existem na 'Strategy Visualization'?	6	6	Correct	31245	Periodic Table	group, symbol
7	Quantas visualizações do tipo 'Point of View - Detail' existem na 'Concept Visualization'?	2	2	Correct	26899	Treemap	group, color
8	Quantas visualizações do tipo 'Point of View - Detail' existem na 'Information Visualization'?	7	1	Incorrect	23952	Periodic Table	group, symbol
9	Quantas visualizações com os tipos 'Point of View - Detail and Overview', 'Visualization - Structure' e 'Thinking Divergent' existem na 'Concept Visualization'?	3	3	Correct	82719	Treemap	group, (size - position), color
10	Quantas visualizações com os tipos 'Point of View - Detail and Overview', 'Visualization - Structure' e 'Thinking Convergent' existem na 'Concept Visualization'?	4	4	Correct	83272	Periodic Table	group, symbol, color
11	Quantas visualizações com os tipos 'Point of View - Overview' e 'Thinking None' existem no modelo inteiro?	10	10	Correct	54768	Treemap	(size - position), color
12	Quantas visualizações com os tipos 'Point of View - Overview' e 'Thinking Divergent' existem no modelo inteiro?	6	8	Incorrect	159934	Periodic Table	symbol, symbol
Obrigado pela colaboração.							

Fonte: (Elaborada pelo autor)

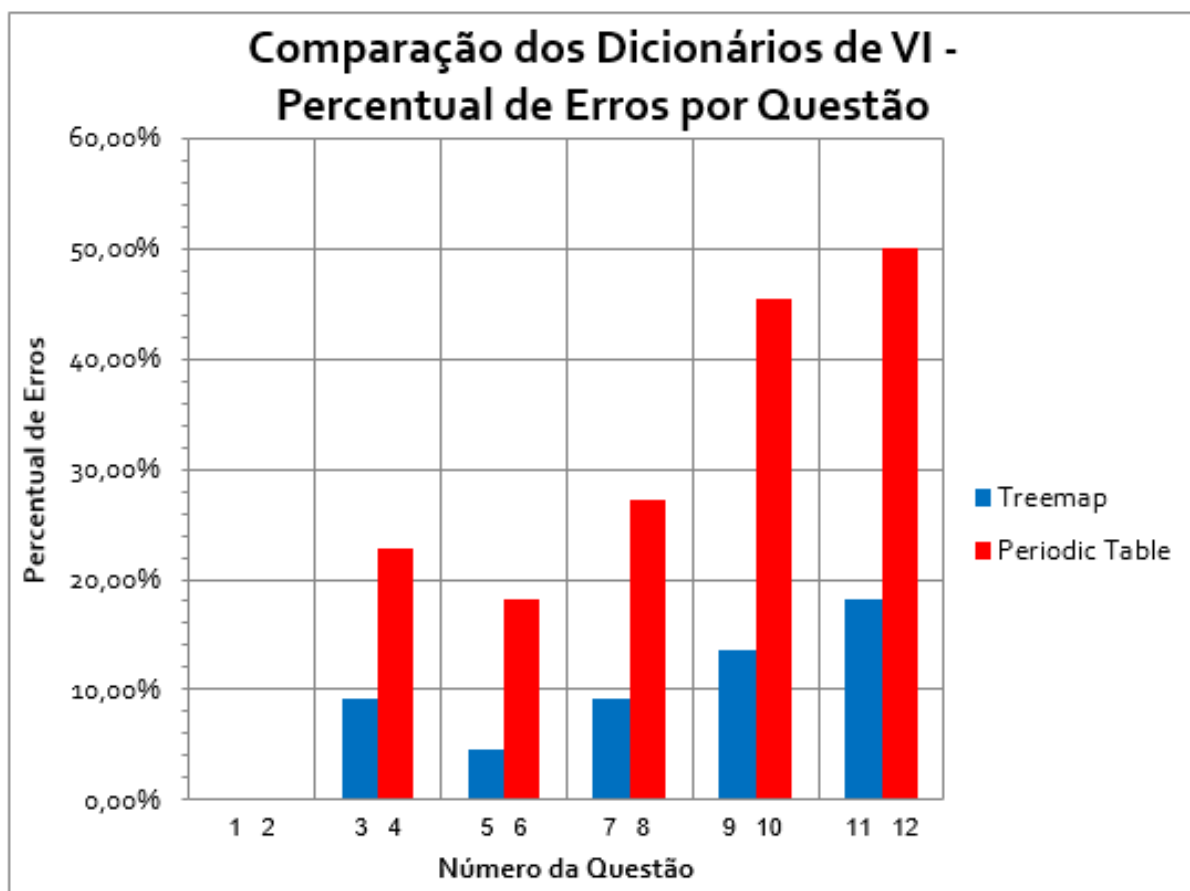
Além disso, o teste foi dividido intercalando perguntas entre o dicionário *Treemap* de VI e o dicionário da Tabela Periódica de VI, ou seja, as perguntas ímpares são referentes à *Treemap* e as perguntas pares são referentes à *Periodic Table*. Cada par de perguntas representa a mesma atividade, usando diferentes meios (dicionários da *Treemap* de VI e Tabela Periódica de VI), mas que evita a influência da resposta da primeira pergunta com relação à segunda. Ou seja, o usuário, ao resolver uma

pergunta do par através de uma técnica, não implica que ele resolva a segunda questão do par mais rapidamente, pois não se trata do mesmo problema, mas apenas diferentes situações com mesma complexidade cognitiva de solução.

Uma configuração (em forma de *flag*) foi adicionada ao sistema para apresentar as perguntas de forma aleatória aos usuários, para que sua sequência pudesse ser mostrada também de forma embaralhada. Os resultados não tiveram grandes desvios.

A Figura 43 apresenta o percentual de erro de cada pergunta. Assim, é possível realizar a comparação entre os erros gerados para os dicionários *Treemap* de VI e Tabela Periódica de VI. As duas primeiras perguntas são simples e, por isso, não resultou em erros nos testes dos usuários, mas são importantes para mostrar que grande maioria dos usuários estão entendendo as duas atividades propostas. Pode ser observado que em todas as perguntas, o dicionário *TreeMap* de VI obteve melhor resultado em comparação à Tabela Periódica de VI. As questões de 3 a 8 são medianas. Observe que há uma curva de aprendizagem, acentuada nos resultados das primeiras questões medianas (3 e 4), pois há usuários que estão se acostumando e conhecendo os mecanismos das técnicas. Por último, as questões de maior dificuldade e que acentuam os processos de complexidade cognitiva (9 a 12) mostraram um percentual de erro maior, principalmente nas respostas do dicionário da Tabela Periódica de VI.

Figura 43. Comparação entre os dicionários *TreeMap* de VI e Tabela Periódica – Percentual de Erros por Pergunta.

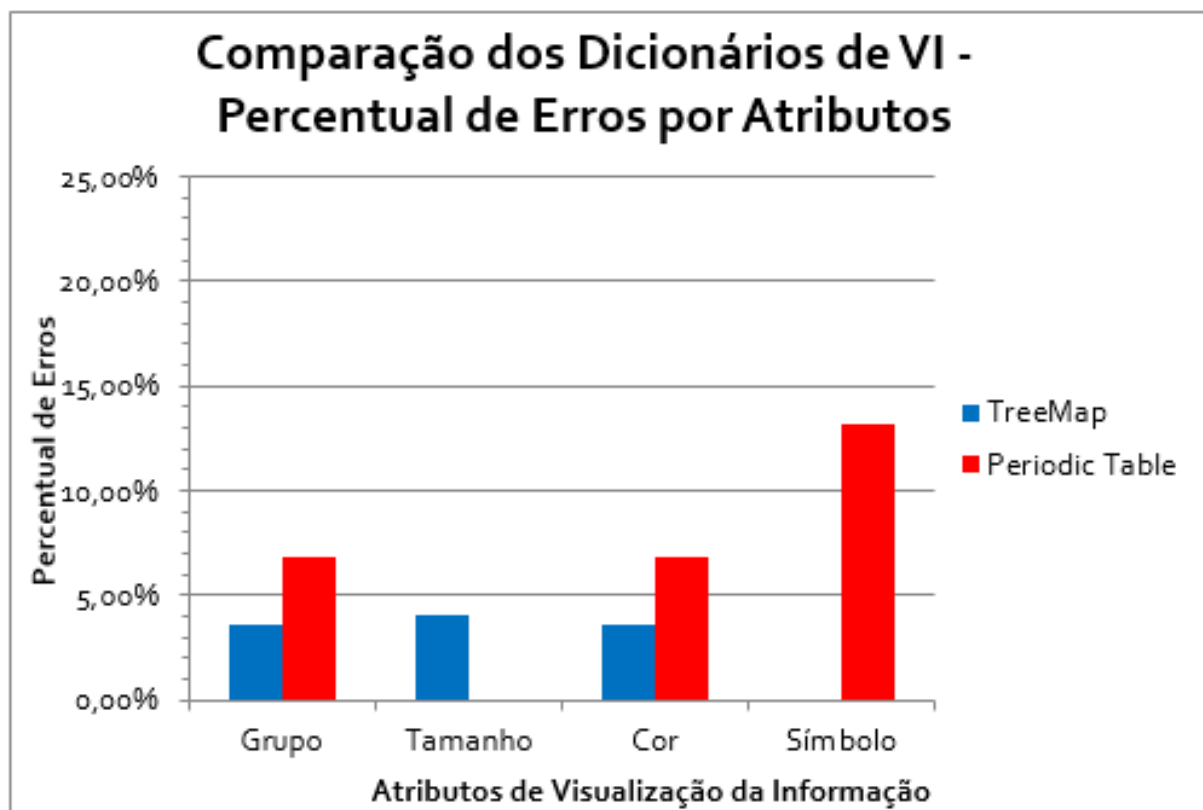


Fonte: (Elaborada pelo autor)

A Figura 44 apresenta os resultados do percentual de erros para cada um dos dois dicionários segundo os atributos visuais utilizados nos testes. Os atributos avaliados foram: *group*, *color*, *symbol* e *size* ou *position*, sendo que o dicionário *TreeMap* de VI não usa o atributo de *symbol* e a *Periodic Table* não usa o atributo de *size* ou *position*.

Ambos dicionários possuem percentuais de erros abaixo de 15%, o que mostra que os dois possuem qualidade suficiente e são considerados eficazes. Mas através dos resultados, pode ser verificado que o dicionário da *TreeMap* de VI, em todos os atributos visuais, teve menor percentual de erros do que a Tabela Periódica de VI. Além disso, pode ser feita uma análise por atributo e observa-se que aqueles relacionados a *color*, *size* e *position* são melhores para a percepção humana que os atributos de *symbol*.

Figura 44. Comparação entre os dicionários *TreeMap* de VI e Tabela Periódica de VI – Percentual de Erros por Atributos de Visualização.

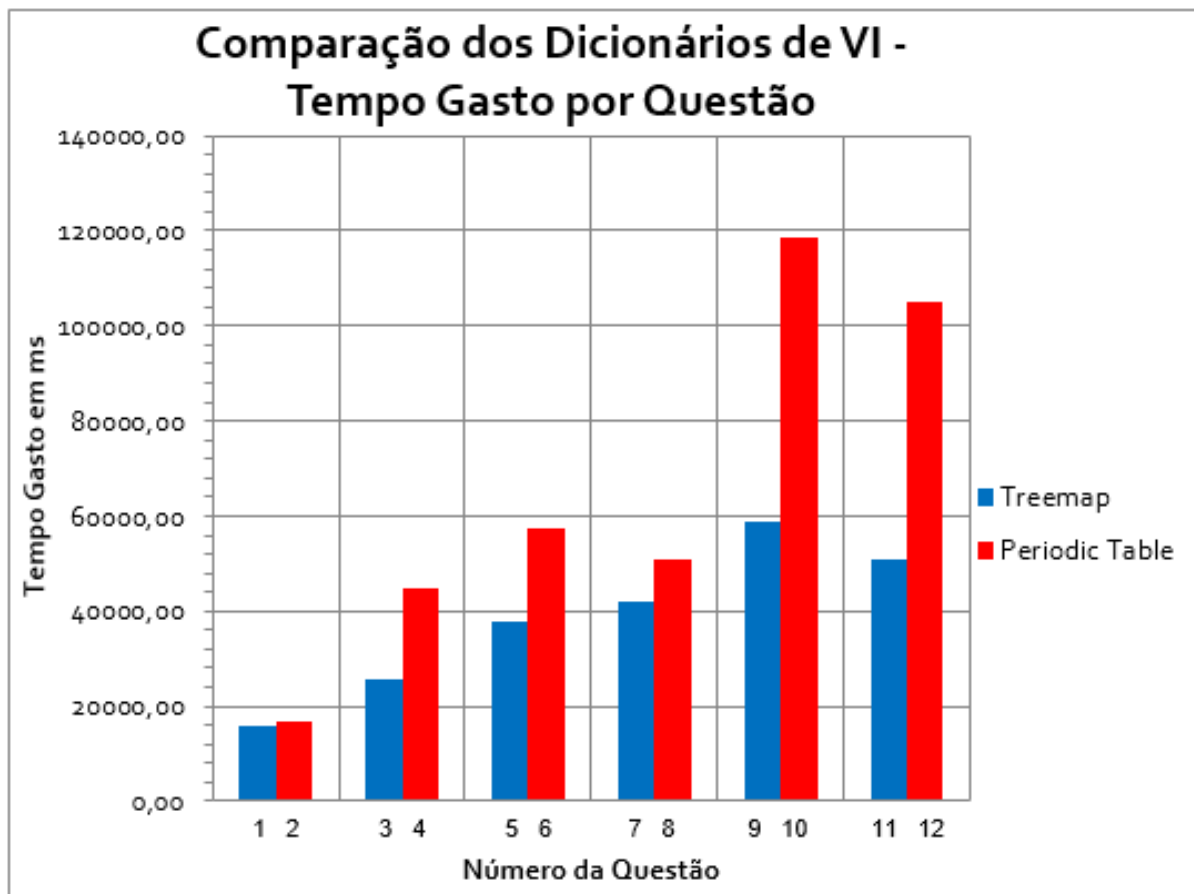


Fonte: (Elaborada pelo autor)

Através do cálculo do tempo gasto para responder cada pergunta é possível avaliar também o tempo da percepção humana para cada técnica de visualização. A Figura 45 mostra o tempo gasto da percepção humana para responder cada pergunta, com base nos testes realizados.

O tempo das duas primeiras questões são baixos devido a baixa complexidade da pergunta. Elas são importantes para medir se os usuários estão entendendo o suficiente para responder rapidamente uma pergunta fácil qualquer no dicionário. Com relação as quatro perguntas mais difíceis (9 a 12), percebe-se que há maior demanda de tempo nas duas primeiras (9 e 10) e menor tempo das duas últimas (11 e 12). Isto pode ocorrer devido à aprendizagem do usuário quando apresentado uma pergunta mais complexa.

Figura 45. Comparação entre os dicionários *TreeMap* de VI e Tabela Periódica de VI – Tempo de Resposta por Pergunta.



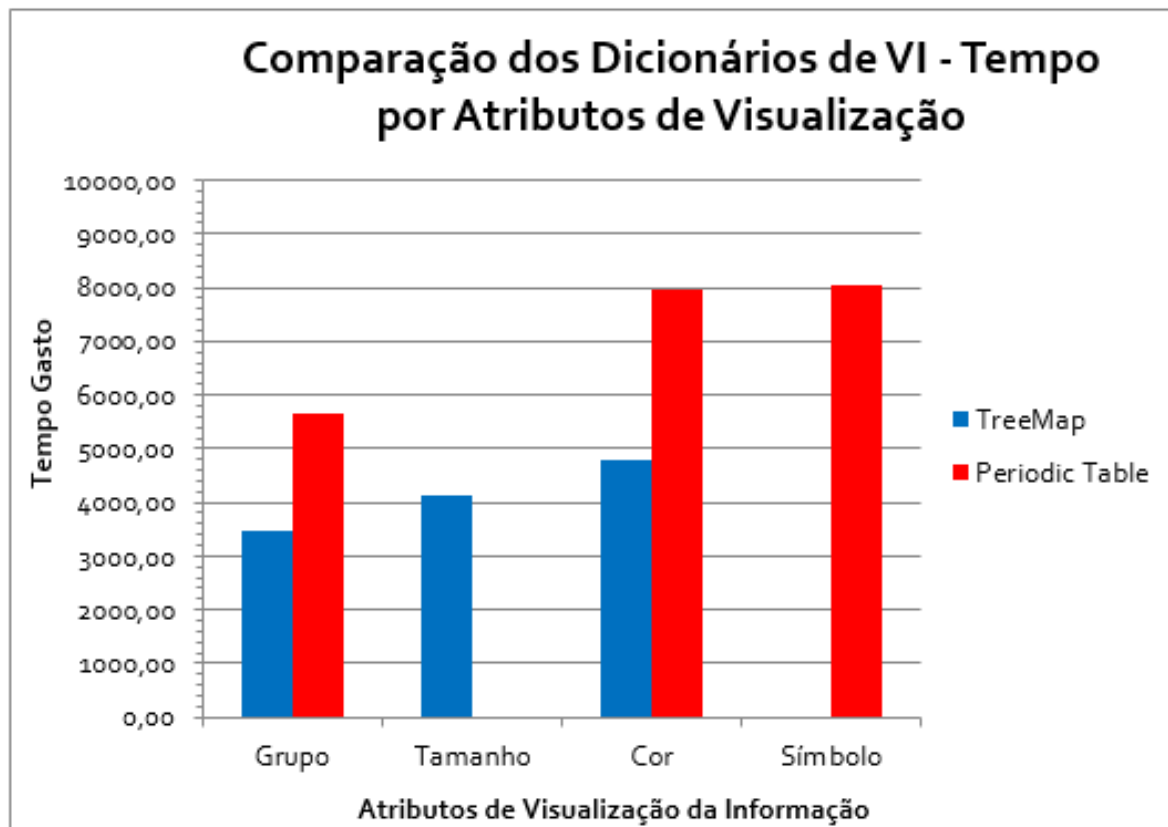
Fonte: (Elaborada pelo autor)

Todavia, observa-se que se gasta mais tempo para responder a Tabela Periódica de VI em todas as perguntas correspondentes do que para as questões do dicionário *TreeMap* de VI, e que para as perguntas 9 e 10, 11 e 12 que comparam atributos de *symbol* da Tabela Periódica de VI, o tempo gasto é relativamente maior para *TreeMap* de VI e extremamente maior para a Tabela Periódica de VI, pois para encontrar a resposta da pergunta 10 ou 12 referente a Tabela Periódica de VI, o usuário deverá percorrer cada elemento da técnica.

Outra análise possível de ser verificada, conforme apresentada no gráfico da Figura 46, é em relação ao tempo gasto para responder as perguntas por atributo de visualização de informação. Podemos observar que os tempos de respostas maiores de percepção foram gastos para os atributos de *color* e *symbol*, devido ao usuário confundir a cor ou o símbolo a ser verificado. O menor tempo de resposta foi gasto para o atributo de *group*, devido à facilidade no processo de busca da informação através desse atributo. Os atributos de *size* e *position* tiveram resultados semelhantes.

Nesta outra visão de gráfico também se verifica que o tempo gasto de resposta para o dicionário *TreeMap* de VI em todos os atributos foram menores que o dicionário Tabela Periódica de VI.

Figura 46. Comparação entre os dicionários *TreeMap* de VI e Tabela Periódica de VI – Tempo de Resposta por Atributo Visual.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Evolução do Conjunto de Técnicas e Princípios Organizacionais do Dicionário

A primeira versão da proposta de dicionário de técnicas de Visualização da Informação foi construída com base nos princípios organizacionais e técnicas de visualização do principal trabalho correlato, o dicionário da Tabela Periódica de VI. Isto possibilitou a realização de uma análise comparativa entre os dicionários. Com o objetivo de demonstrar que é possível haver uma expansão com relação à inclusão de novas técnicas de VI e às formas organizacionais de pesquisa destas técnicas dentro do dicionário, este capítulo apresenta a construção de uma nova versão, contemplando esta proposta evolutiva.

Neste sentido, este trabalho propõe a construção, análise e seleção de novas técnicas que podem ser incorporadas no dicionário proposto no Capítulo 4. É intuito também deste capítulo revisar as formas organizacionais das técnicas visuais disponibilizadas no dicionário proposto no Capítulo 4, a fim de evoluir a busca destas técnicas nesta nova versão do dicionário.

Construção de sistemas computacionais requer criação de componentes para a Visualização da Informação, para interagir e possibilitar a navegação do usuário. Logo, a sua análise deve ser orientada na mensuração dos esforços na sua posterior manipulação. Existem dois esforços de desempenho nos sistemas, o primeiro é o esforço computacional para mostrar ou processar uma interação solicitada pelo

usuário (realizada pelo componente computacional) e outro esforço encontra-se no entendimento e na busca da informação realizada pelo usuário para interpretar e encontrar aquilo que ele deseja em determinada técnica de VI (tarefas do usuário na interação com a técnica). A implementação dos componentes e técnicas de VI são restritas aos sistemas Web.

Os sistemas Web são implementados com a utilização de várias linguagens de desenvolvimento, seguem padrões de protocolos de comunicação e outros padrões utilizados para a navegação na internet. Assim, é necessário definir a arquitetura dos componentes e subsistemas para garantir a sua organização e integração, os quais são importantes para conceber o sistema Web, o que consiste no fundamento básico no desempenho do projeto. A definição de arquitetura utilizado nesta tese baseia-se nos conceitos e na proposta arquitetural apresentados no Anexo 1 e Anexo 2, respectivamente.

Não é intuito desta tese revisar todas as técnicas de VI possíveis, mas é conveniente analisar algumas técnicas de VI e desenvolver alguns componentes que implementam essas técnicas, em busca de um raciocínio que demonstre que algumas técnicas podem ser mais adequadas que outras no quesito de eficiência, em determinadas situações e objetivos do usuário.

Este capítulo mostra o processo de criação de alguns componentes de alta performance em sistemas robustos, necessários para a concepção de sistemas Web, com a Visualização da Informação voltada para busca da informação.

5.1 Novas Formas Organizacionais

A evolução do dicionário *Treemap* de VI ocorre com a expansão em duas vertentes: crescimento horizontal e vertical neste dicionário, ou seja, abranger novas técnicas de VI (horizontal) e novas formas organizacionais (vertical). Na medida que há um crescimento na horizontal, proveniente da expansão quantitativa de técnicas de

VI, é preciso reavaliar a necessidade de crescimento na vertical, com relação às formas de busca destas novas técnicas.

Esta seção apresenta como finalidade realizar a análise das formas ou princípios organizacionais utilizados na primeira versão do dicionário *Treemap* de VI, provenientes do dicionário da Tabela Periódica de VI. Além disto, é pertinente também a incorporação de novas formas ou princípios organizacionais que sejam mais eficazes e eficientes na busca das técnicas de VI, com o intuito de crescimento vertical do dicionário.

As formas organizacionais utilizadas nos dicionários até então foram aquelas elaboradas por Lengler e Eppler (2007): *Complexity of Visualization, Main Application or Content Area, Point of View, Type of Thinking Aid* e *Type of Representation*.

5.1.1 Análise das Formas de Organização de Busca do Dicionário

Na evolução do conjunto de formas ou princípios organizacionais utilizados no dicionário para busca das técnicas de VI, serão mantidos:

- ***Main Application or Content Area* [como?, o que?]:** Dados, Informação, Conceito, Metáfora, Estratégia, Conhecimento Misturado. Além disso, os membros desse grupo também podem ser classificados de acordo com a intensidade do conhecimento, iniciando das explícitas, cujo conhecimento é objetivo (como *Data Visualization*), para as mais implícitas, visualizações subjetivas do conhecimento (como *Compound Knowledge Visualization*);
- ***Point of View* [quando?]:** *Detail* (com destaque aos itens individuais), *Overview* (figuras grandes), *Detail and Overview* (os dois ao mesmo tempo); e
- ***Type of Representation* [what?]:** *Process* (passo a passo cíclico no tempo e/ou sequência contínua), *Structure* (por exemplo, hierarquia ou redes causais).

Dois dos princípios organizacionais utilizados pelos autores não serão utilizados na evolução do dicionário:

- *Type of Thinking Aid* [por quê?]: *Convergent* (reduzindo a complexidade) versus *Divergent* (adicionando complexidade); e
- *Complexity of Visualization*: de baixo para cima, refere-se ao número de regras aplicadas para a utilização e / ou número de interdependências dos elementos a serem visualizadas.

Na evolução do dicionário *Treemap* de VI, os princípios *Type of Thinking Aid* e *Complexity of Visualization* são removidos pela falta de aplicabilidade e carência de fundamentos ou provas formais para se mensurar a complexidade cognitiva do pensamento humano, em cada uma das técnicas de VI, conforme a elaboração proposta pela Tabela Periódica de VI. Eles serão substituídos por outros princípios mais adequados. A classificação das técnicas de visualizações não ocorre no aumento ou redução da complexidade, entretanto devem representar o nível de complexidade existente nos dados (ou no seu processo de busca) com precisão e simplicidade.

Para não prejudicar o crescimento vertical do dicionário *Treemap* de VI, a forma organizacional mais adequada para buscar as técnicas de VI segundo a complexidade deve possuir como base a experiência do usuário, com relação às tarefas necessárias para se obter as informações. Esta forma ou princípio organizacional que será utilizado na evolução do dicionário será denominada *Complexity* no software do dicionário. Ela promove a visão teórica, mas possui um fundamento com vigor prático, baseado na usabilidade.

5.1.2 Mudanças Evolutivas no Dicionário *Treemap* de VI

A primeira mudança evolutiva consiste no novo parâmetro de busca denominado complexidade. Considera-se complexidade o princípio organizacional medido através das quantidades e qualidades de tarefas visuais requeridas do usuário para resolver algum problema na técnica de VI, com relação a todas as tarefas que a técnica possibilita sobre todas as informações disponibilizadas.

Desta forma, quanto mais recursos houver para diminuir as tarefas do usuário em uma determinada técnica de VI, menor é a complexidade. Geralmente estes recursos existem em forma de atributos visuais ou princípios organizacionais, que auxiliam nas tarefas cognitivas do usuário e, portanto, na eficiência de busca da informação.

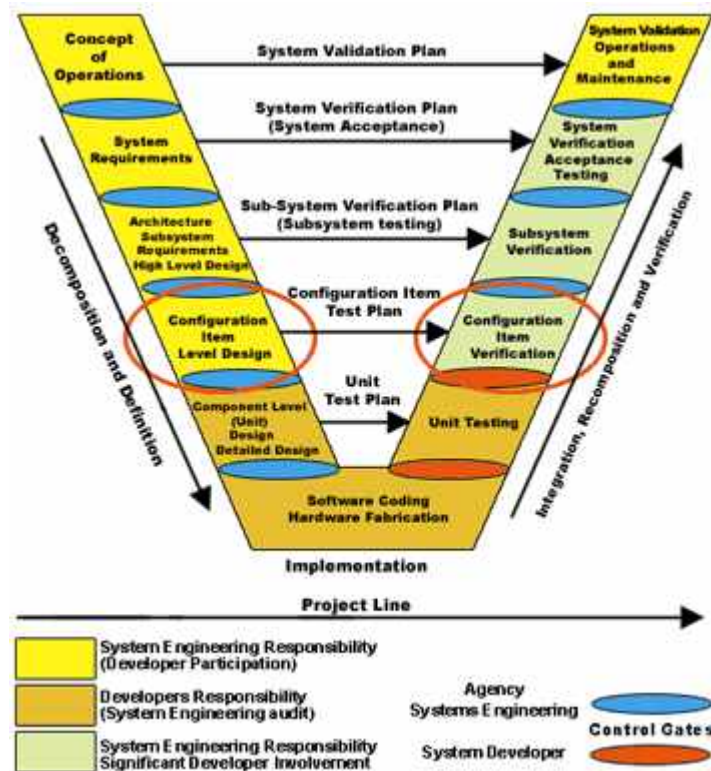
Este trabalho classifica a complexidade em três níveis: alta, média e baixa para se resolver qualquer problema atômico visual proposto, dentro dos objetivos propostos pela técnica:

- **Alta:** a técnica de visualização não possibilita o usuário diminuir suas tarefas em pelo menos pela metade de todas as tarefas de usuário possíveis na técnica. A técnica disponibiliza várias informações e não as diferem umas das outras por nenhum atributo visual, obrigando o usuário a identificar cada uma das informações e, portanto, a fazer várias tarefas (para cada informação) para resolver os problemas. Geralmente estas técnicas não possuem um ponto de partida bem definido visualmente e não há uma ordem ou separação visual a ser seguida;
- **Média:** a técnica de visualização possibilita o usuário diminuir suas tarefas em pelo menos pela metade de todas as tarefas de usuário possíveis na técnica; e
- **Baixa:** a técnica de visualização possibilita o usuário diminuir suas tarefas em mais da metade de todas as tarefas de usuário possíveis na técnica.

O problema a ser resolvido pela técnica deve ser atômico, uma vez que a sua proposta deve referir a uma unidade. Por exemplo, a busca ou identificação de apenas uma informação qualquer, disposta na técnica. Esta classificação e seu peso no sistema foi estabelecida principalmente com base nos exemplos dados para cada técnica no dicionário. O exemplo influencia muito na classificação, uma vez que uma simples legenda capaz de categorizar as informações pode diminuir as tarefas do usuário pela metade, por exemplo a técnica "Vee Diagram" (mostrado na Figura 47) contém um artifício para dividir as informações ao meio, disponibilizando visualmente pela

direita ou esquerda. Ao incluir a categorização por cores, é possível diminuir ainda mais da metade das informações. Logo, sem a categorização por cores, a complexidade seria média, com a categorização por cores, a complexidade passa a ser baixa.

Figura 47. Técnica de VI denominada *Vee Diagram*.



Fonte: (LENGLER; EPPLER, 2007).

Outro novo princípio organizacional criado durante a evolução do dicionário consiste no *Dimensionality*, capaz de organizar as técnicas a partir do atributo de cor: bidimensional (2D), tridimensional (3D) e híbridos, quando uma única técnica possui tanto visualizações bidimensionais quanto tridimensionais.

As interações com o usuário de *DrillDownUp* e *KeyBord* foram mantidas. Uma nova *tag* de princípios organizacionais foi adicionada com o objetivo de filtrar as técnicas através do:

- **Tipo de técnica:** visualização ou interação com o usuário. Diferentemente da técnica de visualização, as de interações podem ser, por exemplo: *zoom*, *animation*, detecção de colisões, temporizador de séries, etc.; e

- **Origem:** todas, *Periodic Table*, *treevis.net*, *D3.js* (Data-Driven Document) e *Impossible World*.

O tipo da técnica de interação é mostrado nesta versão da *Treemap* de VI, assim como é mostrado o tipo de técnica de visualização. Ao apontar com *mouse* sobre a técnica de interação, um exemplo de técnica de visualização que utiliza a interação é mostrado no sistema. Entretanto, o nome é referente ao tipo de técnica de interação.

O dicionário *Treemap* de VI disponibiliza sempre todas as técnicas de forma simultânea, sem apresentar mecanismos de interação que oculte um conjunto de técnicas. Isso se deve para possibilitar sempre a comparação entre elas, de forma visual. Entretanto, os filtros de tipo de técnica e origem são os únicos que ocultam outras técnicas de VI, mostrando somente aquelas do grupo de interesse do usuário. Isto acontece, para não misturar técnica de interação com técnica de visualização e também é muito útil ao usuário que deseja verificar quais são as técnicas provenientes de determinada origem.

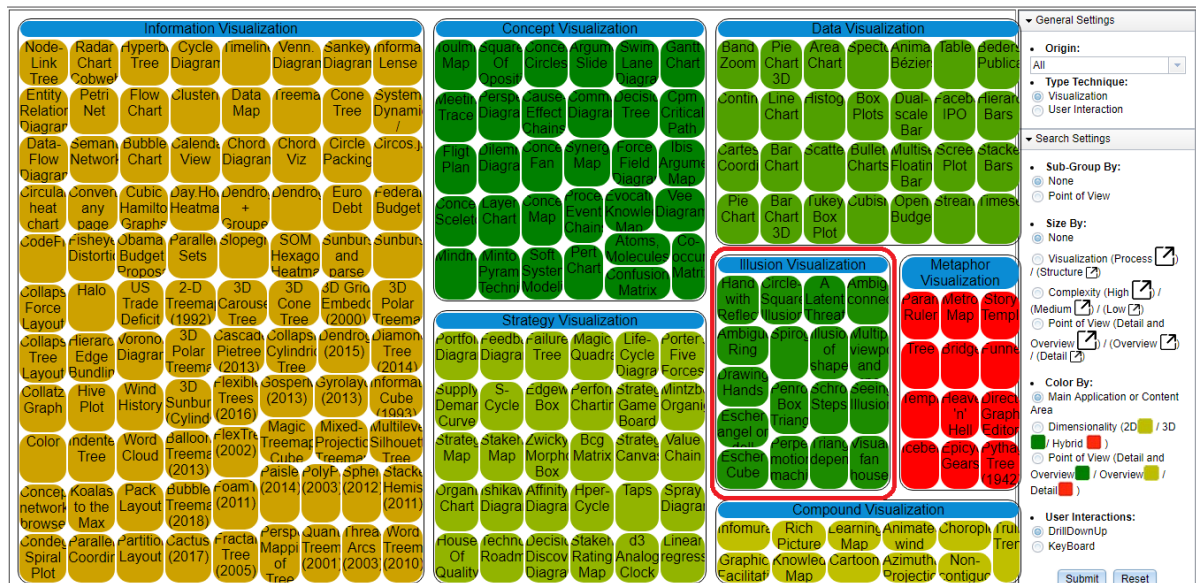
Todas as técnicas do dicionário Tabela Periódica de VI estão presentes na *Treemap* de VI para que seja viável a comparação dos dois no *Quiz*. Na versão evolutiva do dicionário de VI, técnicas foram adicionadas do *D3.js*: *Animated Béziars*, *Animated wind chart*, *Atoms, Molecules and Chemistry*, *Azimuthal Projections*, *Band Zoom,,,,,* *Bederson*, *Publications*, *Box Plots*, *Bubble Chart*, *Bullet Charts*, *Calendar View*, *Chord Diagram*, *Chord Viz*, *Choropleth*, *Circle Packing*, *Circle-Square Illusion*, *Circos.js*, *Circular heat chart*, *CodeFlowers*, *Collapsible Force, Layout*, *Collapsible Tree Layout*, *Collatz Graph*, *Color*, *Concept network browse*, *Condegram Spiral Plot*, *Confusion Matrix*, *Convert any page into bubbles*, *Co-occurrence Matrix*, *Cubic Hamiltonian Graphs*, *Cubism.js*, *d3*, *Analog Clock Dashboard*, *Day.Hour Heatmap*, *Dendrogram + Grouped Bar*, *Dendrogram*, *Directed Graph Editor*, *Dual-scale, Bar Chart*, *Epicyclical Gears*, *Euro Debt*, *Facebook IPO*, *Federal Budget*, *Fisheye Distortion*, *Halo*, *Hierarchical Bars*, *Hierarchical Edge Bundling*, *Hive Plot*, *Indented Tree*, *Koalas to the Max*, *Linear regression*, *Multiseries*, *Floating, Bar Chart*, *Node-Link Tree*, *Non-contiguous Cartogram*, *Obama's Budget Proposal*, *Open Budget*, *Parallel Sets*, *Scree Plot*, *Slopegraphs*, *SOM Hexagonal Heatmap*, *Spirograph*, *Stacked Bars*, *Streamgraph*, *Sunburst*

and parse, Sunburst, Timeseries, Trulia Trends, US Trade Deficit, Voronoi Diagram, Wind History, Word Cloud, Pack Layout e Partition Layout.

Há uma gama muito grande de técnicas de VI que usam estruturas em forma de árvore. As técnicas adicionadas do “treevis.net” são: *2-D Treemap* (1992), *3D Carousel Tree* (2013), *3D Cone Tree Layout* (2008), *3D Grid Embedding* (2000), *3D Polar Treemap (Cylinder)* (2011), *3D Polar Treemap (Sphere)* (2011), *3D Sunburst (Cylinder)* (2007), *Balloon Treemap* (2013), *Bubble Treemap* (2018), *CactusTree* (2017), *Cascaded Pietree* (2013), *Collapsible Cylindrical Tree* (2001), *Dendrogramix* (2015), *Diamond Tree* (2014), *Flexible Trees* (2016), *FlexTree* (2002), *FoamTree* (2011), *Fractal Tree* (2005), *GosperMap*, (2013), *Gyrolayout* (2013), *Information Cube* (1993), *Magic Treemap Cube* (2010), *Mixed-Projection Treemap*, *Multilevel Silhouette Tree* (2005), *PaisleyTree* (2014), *Perspective Mapping of Tree Layouts* (1996), *PolyPlane* (2003), *Pythagoras Tree* (1942), *Quantum Treemap* (2001), *SphereTree* (2012), *Stacked Hemispheres* (2011), *Thread Arcs* (2003), *Word Treemap* (2010).

Conforme mostrado através da Figura 48, um novo grupo “Illusion Visualization” foi acrescentado na evolução do dicionário para incluir as várias técnicas de visualização baseadas em ilusões dióticas. Como por exemplo a técnica “Seeing Illusion” que mostra um desenho impossível de um objeto tridimensional que não poderia existir no mundo real. As seguintes técnicas foram adicionadas do “Impossible World”, da galeria “Visual Illusions”: *A Latent Threat for an Unstable Construction*, *Ambiguous connectivity*, *Ambiguous Ring*, *Drawing Hands*, *Escher angel or dell*, *Escher Cube*, *Hand with Reflecting Sphere*, *Illusions of shape*, *Multiple viewpoints and impossible stairs*, *Penrose Box Triangle*, *Perpetual motion machine*, *Schröder's Steps*, *Seeing Illusions*, *Triangle depenrose* e *Visual fan house*.

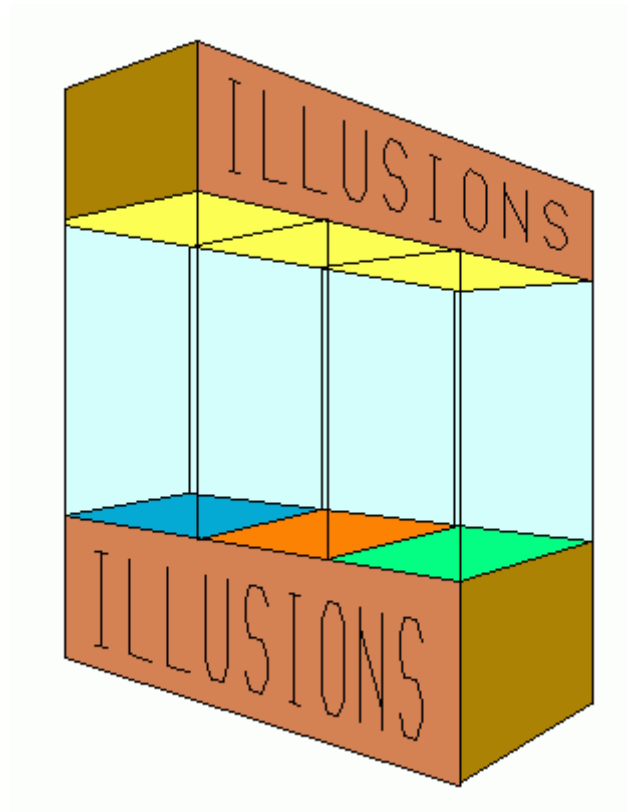
Figura 48. Novo grupo de visualização: “Illusion Visualization”.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Schattschneider, et al. (2015) descreve a obra de autores como M. C. Escher, estudioso das técnicas de Visualização da Informação de figuras impossíveis, improváveis, ilusórias e paradoxais, como por exemplo a ilustrada pela Figura 49. A inclusão deste tipo de técnicas no dicionário apresenta como finalidade, mostrar que é possível incluir novas técnicas independentemente de sua natureza, de forma a expandir e evoluir o dicionário apresentado neste trabalho.

Figura 49. Técnica visual de ilusão em objeto tridimensional.



Fonte: *Impossible World*. Disponível em:

<http://impossible.info/english/articles/principles/principles.html>, acessado em jul. 2018.

5.2 Novas Técnicas de Visualização da Informação

O projeto e codificação visual é importante na criação de novas técnicas de VI, também na criação e personalização de algoritmos que possibilitam interações mais usuais e também mais eficientes com relação ao processo cognitivo do usuário final.

Não há, nos trabalhos correlatos, apresentação, por completo, das possíveis técnicas de Visualização da Informação, de tal sorte que, há omissões de apresentação destas. Por exemplo, as variações de técnicas de Lista de Dados e de Tabela ou Grade em sistemas WEB, sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) e sistemas CRM (*Customer Relationship Management*). Outro exemplo de incompletude encontra-se nas

técnicas criadas na versão 2.0 do UML (*Unified Modeling Language*), somente as técnicas da versão 1.0 geralmente são abordadas nos atuais dicionários.

Desta forma, propõe-se que o dicionário apresentado neste trabalho permita a inclusão de novas técnicas de VI, de forma evolutiva. Para tal, este trabalho contempla a elaboração e construção de alguns padrões arquiteturais e de projeto em forma de componentes técnicos, do dicionário, que permite a inclusão, de forma dinâmica, de novas técnicas no mesmo.

Assim como o dicionário de VI, a criação destes componentes e novas técnicas de VI é orientada nos fundamentos de “tarefas do usuário” (vide tópico **2.1.2 Tarefas do Usuário na Visualização da Informação**) dos autores Yi et al. (2007), para garantir a sua usabilidade e praticidade.

A seguir, destacam-se as Listas de Dados com multiseleção, técnicas de interação de paginação em Tabela ou Grade, Grade Hierárquicas, Calendário de Eventos, Gráficos de Relatórios Sintéticos (amplamente utilizados nas análises de resultados da Inteligência Artificial e *Business Intelligence* – BI) e por último as novas técnicas do UML.

5.2.1 Técnica de Lista de Dados (Lista Simples)

A técnica de lista de dados é simples e ao mesmo tempo importante nas buscas em sistemas Web, assim como em outros sistemas que usam outros paradigmas, e deve ter um desempenho aceitável para qualquer componente que realize tal busca:

Nada é mais desgastante do que tentar entrar em uma WebApp e receber uma mensagem do tipo "servidor ocupado", com a sugestão para você tentar mais tarde. Nada é mais desconcertante do que uma WebApp que responde instantaneamente em algumas situações e depois parece entrar em um estado de espera infinita em outras. Todas essas ocorrências acontecem diariamente na Web e todas estão relacionadas a desempenho. (PRESSMAN, 2011, p. 485)

Existem também vários frameworks em *javascript* para desenvolvimento de componentes Web, principalmente de componentes muito usados, como Lista de Dados. Alguns contêm código aberto, como por exemplo, JQuery e Dojo. Nesta tese, o framework escolhido, novamente, consiste no Dojo, pois ele oferece diversos componentes já implementados e possibilita a atualização ou criação de novos outros. Além disso, a sua filosofia de programação é bastante simples e ao mesmo tempo robusta:

Embora a abrangência e a profundidade do Dojo produzam muita complexidade, a infra-estrutura é cuidadosamente revisada de forma contínua pelos melhores *hackers* do mundo em busca de padrões de codificação de alta qualidade, convenções de nomenclatura consistentes, desempenho, facilidade de manutenção e facilidade geral de uso para o desenvolvedor do aplicativo. (MATHEW RUSSELL, 2008, p. XVIII, tradução nossa)

5.2.1.1 Componente de Multiseleção

Componentes de multiseleção consistem em mecanismos que possibilitam a busca e também a seleção de vários itens em um conjunto de informações. Um exemplo é o componente *picklist*.

Um dos maiores desafios da Visualização da Informação consiste na criação de componentes que ocupam pouco espaço na tela. Isso ocorre, principalmente quando se trata de sistemas móveis, cuja resolução da tela é menor que dos monitores convencionais.

Existem funcionalidades cuja seleção é múltipla, mas a busca visual necessita somente de uma propriedade ou nome do negócio a ser selecionado. A Figura 50 mostra um exemplo de componente de multiseleção que ocupa pouco espaço na tela. Ele é bastante eficiente para pesquisas simples, que não envolvem filtros de pesquisa, quando não existe muito espaço em tela ou quando é processado em telas de menor resolução.

Figura 50. Componente de multiseleção customizado do Dojo.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

5.2.1.2 Análise da Técnica de Lista de Dados

Das técnicas de Visualização da Informação, o mais simples consiste na enumeração em forma de lista. A listagem dos números pode ser de forma ordenada ou não ordenada.

A Figura 51 mostra duas listas de números. Não existe ordem na segunda lista, enquanto que a primeira lista está ordenada. A lista ordenada possui, ainda, uma coloração de tons de cinza, que possibilita a sua divisão em duas partes iguais e também em quatro partes iguais. Executando visualmente a “busca binária” do número 211 na primeira lista, é preciso dividir a lista em duas outras, do número 1 ao 83 e do número 95 ao 237. Como está ordenada, verifica-se que o número 211 se encontra na segunda lista, resultante da divisão. Ao dividir esta segunda lista em outras duas, do número 95 ao 155 e do número 159 ao número 237, verifica-se que o número ainda se encontra na segunda lista resultante. Ao dividi-la novamente do número 159 ao 206 e do número 211 ao número 237, encontramos o número 211 desejado, na lista resultante.

Figura 51. Busca binária visual através de dados em lista ordenada e sem ordenação.

1	3	7	8	10	11	13	15	18	19	21	23	25	27	31	32	53	61	72	83	95	101	111	121	131	132	141	145	152	155	159	164	169	201	206	211	220	225	236	237
27	159	225	13	1	23	61	132	211	111	101	201	8	19	155	237	10	3	131	145	220	95	7	25	169	18	32	121	11	236	31	15	21	83	152	206	53	164	72	141

Fonte: (Elaborada pelo autor)

Ao buscar visualmente na lista debaixo dessa mesma figura, a tendência é buscar da direita para esquerda ou da esquerda para direita, número a número, até encontrar o número desejado, o que exige mais comparações da mente humana para

encontrar o mesmo número 211. Nesta busca, não se elimina conjuntos de dados indesejáveis, como é feito na busca visual binária. Pode-se dizer que a busca binária tem um desempenho maior e de menor complexidade cognitiva, considerando que é possível eliminar blocos de dados de forma gradual usando duas tarefas do usuário, no lugar de uma. Enquanto na lista não ordenada, o usuário teria várias tarefas “Selecionar” para percorrer cada número e selecionar o número de seu interesse, na lista ordenada o usuário pode realizar uma tarefa para “Conectar” e verificar como os dados estão relacionados, ou seja, de forma ordenada e, logo após, realizar poucas tarefas de “Filtrar” para diminuir o conjunto de dados a serem visualizados até encontrar e fazer a última tarefa de “Selecionar”, caso o número encontra-se na lista ordenada.

Há outro atributo facilitador na busca da lista de cima, o atributo de cor. Esse facilitador auxilia o usuário a compreender, já no primeiro contato, que a lista está ordenada pelo simples fato que de a cor do lado esquerdo aumenta a tonalidade na medida em que se aproxima da direita. Auxilia ainda o usuário a realizar partições na lista de forma otimizada. Assim como o algoritmo de busca binária, a otimização visual neste caso, é que se separe a lista em 50%, depois em 25% e, assim por diante, até se encontrar o número desejado.

5.2.2 Técnica de Tabela ou Grade

A técnica “*Table*” consiste em uma forma de visualização que permite ao usuário buscar a informação de forma tabular. Esta técnica já existe na primeira versão do dicionário, mas exige análise de variações de outras técnicas provenientes de sua base conceitual. O escopo desse trabalho compreende na análise de duas outras técnicas de sua procedência, a técnica de interação denominada “Paginação” e o a técnica “Tabela em Hierarquia”, que é uma variação dessa técnica tabular.

5.2.2.1 Variação - Técnica de Interação de Paginação

A técnica de interação com o usuário denominada “Paginação” é um mecanismo variante da técnica de visualização Tabela ou Grade, que possibilita a busca em demanda e a seleção de vários itens em um conjunto de informações. A busca por demanda é bastante eficiente, pois busca em um conjunto de informações e retorna os dados pesquisados por solicitação de demanda.

A Figura 52 apresenta o gráfico do componente de paginação por demanda do Dojo para pesquisar dados do *prospect* através dos filtros de “Nome” e “Email”. Ele mostra que foi ordenado pelo resultado de pesquisa “Nome” de forma descendente.

O maior problema do componente de paginação consiste na dificuldade de programação da busca por demanda de determinados dados combinados e a manutenção desses dados, controlando a sua inclusão, deleção e edição sem perder a busca por demanda.

Figura 52. Componente de paginação sob demanda do Dojo no sistema SGF.

Nome	E-mail	Data cadastro
teste 2	teste2@yahoo.com.br	14/04/2014
teste	teste@yahoo.com.br	03/04/2014

Fonte: (Elaborada pelo autor)

Para solucionar esse problema é necessário projetar duas visões e criar um ponto de integração entre elas. Utilizando ASP.NET MVC framework da Microsoft, a

divisão deste componente consiste em visão gráfica do componente e visão arquitetural do componente.

5.2.2.1.1 Visão Gráfica do Componente

Os requisitos visuais do componente e de interação com o usuário são projetados pela visão gráfica do componente. Por exemplo, em um banco de dados com milhões de registros de pessoas, o usuário pode filtrar a pesquisa desejada e o sistema envia o resultado em demandas paginadas de 50 a 50 de pessoas, possibilitando a ele modificar a quantidade da demanda, solicitar o número da página a ser demandada, selecionar itens em várias páginas, ordenar por determinada coluna da grade de paginação, separar as linhas pares das linhas ímpares para melhor visualização, etc..

Assim, um dos principais mecanismos da busca neste componente é possibilitar ao usuário uma busca na qual ele pode saltar várias páginas com vários registros, os quais não são de seu interesse. Isso é eficiente, pois se a pesquisa está ordenada, é possível localizar o dado desejado mais rapidamente e não há perda de tempo com registros não relacionados ao objetivo da busca.

Como o resultado de pesquisa é por demanda, a pesquisa no banco de dados se trata somente dos 50 registros paginados. Separar as linhas pares das linhas ímpares não envolve integração com o banco de dados, ou com as camadas *model* e *controller* do ASP.NET MVC, mas os requisitos que mudam a configuração da quantidade de páginas ou da ordenação na paginação necessitam da integração com o banco de dados. Para esses requisitos, é necessário que a visão gráfica do componente se comunique, através de requisições, com o banco de dados, estabelecendo assim uma visão arquitetural do componente que implementa esta técnica de interação.

5.2.2.1.2 Visão Arquitetural do Componente

O framework gráfico Dojo é fácil de integrar com o ASP.NET MVC e também como Web API (Interface de Programação de Aplicativos). O framework do Dojo é composto basicamente por arquivos javascript, HTML e arquivos *Cascading Style Sheets* (CSS) de configuração de estilos. Ele se encontra na camada *view* da arquitetura ASP.NET MVC e depende da comunicação com os controles .net para fazer a busca paginada no banco de dados. Nesta arquitetura .NET existem dois tipos de controles, o controle do ASP.NET MVC e o controle do Web API. Tais controles são diferentes e as informações de coluna de ordenação da grade, direção da ordenação (crescente ou decrescente) e intervalo de pesquisa provenientes do Dojo, embora estejam na requisição (variável *Request*) do protocolo HTTP, se posicionam em locais distintos.

No Web API, as variáveis de paginação do Dojo encontram-se no grupo do cabeçalho da requisição *Request.Headers.Range* e nos parâmetros do identificador universal de recurso *Request.RequestUri.ParseQueryString()*. Já no ASP.NET MVC encontram-se no próprio cabeçalho da requisição *Request.Headers* e nos parâmetros da técnica GET *Request.Params*. Kurtz (2013) indica como pode ser feito a integração das variáveis de paginação, descrevendo o funcionamento das mensagens no cabeçalho de requisição:

Você tem acesso aos cabeçalhos de solicitação, ao corpo, à URL usada para invocar a chamada, aos certificados de clientes e a muitas outras propriedades valiosas. Você também pode usar o objeto *HttpRequestMessage* para criar uma resposta que é pré-conectada ao fornecido (...). (KURTZ, 2013, p. 65, tradução nossa)

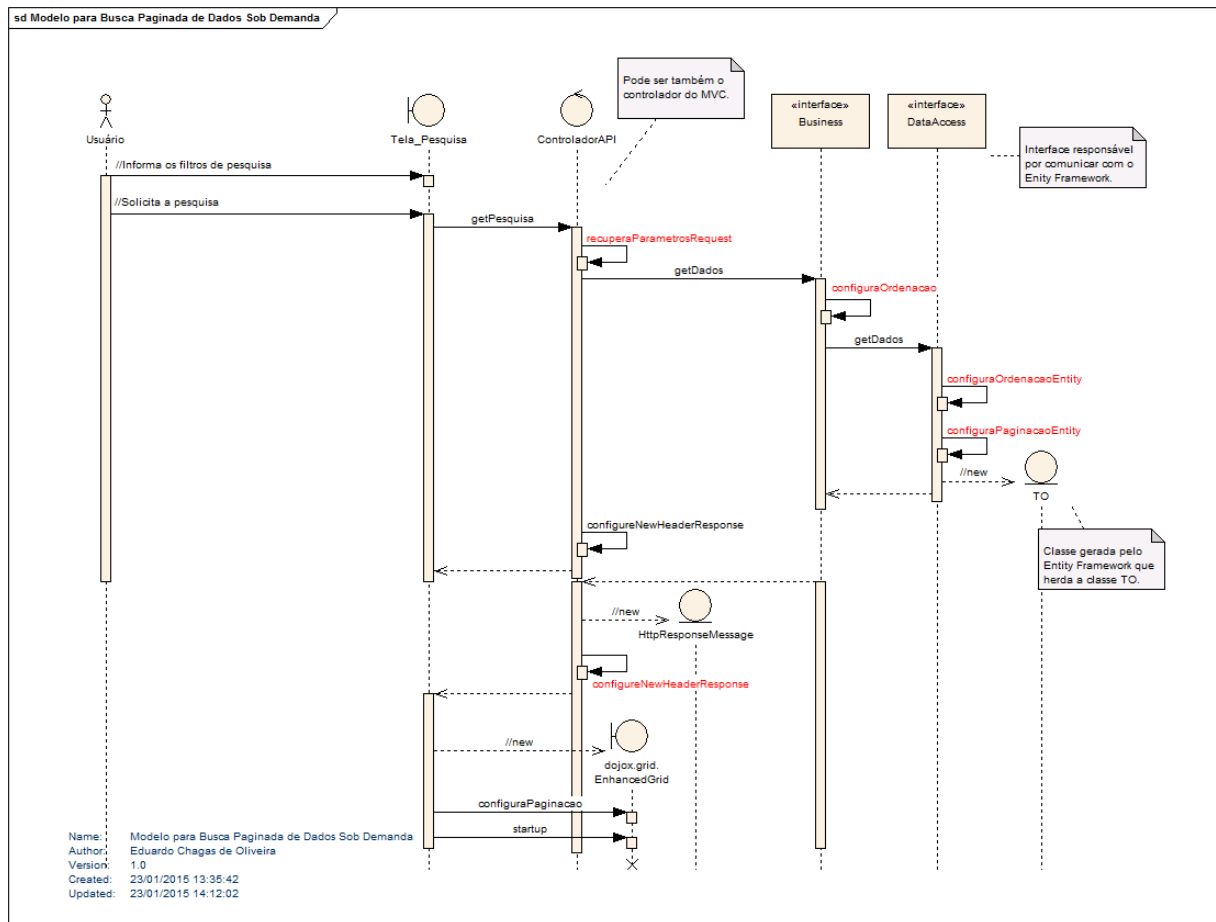
Leslie Orchard (2009) mostra mais detalhado que o cabeçalho de requisição consiste em um *array* de informações que pode ser manipulado. Estes conceitos são suficientes para manipular esta estrutura e fazer a integração de buscas *JsonRest* do Dojo com o .NET:

Um objeto, "{header: value}" ou uma matriz (índices numéricos pares mantêm o nome do cabeçalho e os índices ímpares mantêm o valor), representando os

cabeçalhos a serem enviados juntamente com a solicitação. O protótipo fornece 4 cabeçalhos padrão que você pode substituir para atender às suas necessidades. (LESLIE ORCHARD; PEHLIVANIAN; KOON; JONES, 2009, p. 35, tradução nossa)

Obtendo essas variáveis na camada de controle, é possível tratar na camada de negócio por qual variável será ordenada, caso o usuário não solicite ordenação na grade gráfica ou quando é a primeira renderização da grade. Na camada de acesso aos dados, usando o Entity Framework, é possível usar as variáveis de paginação nas suas técnicas *Skip* e *Take* de pesquisa no banco de dados, para delimitar os registros que serão pesquisados e retornados para o corpo da requisição. A Figura 53 mostra o diagrama de sequência da técnica de busca paginada de dados sob demanda. Os métodos em vermelho foram tratados para que a pesquisa seja sob demanda no banco de dados.

Figura 53. Diagrama de sequência da técnica de busca paginada de dados sob demanda.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

5.2.2.2 Variação - Técnica Grade Hierárquica

Grade Hierárquica também é uma técnica de VI resultante da variação da técnica Tabela ou Grade, mas os dados são mostrados de forma hierárquica ao usuário.

5.2.2.2.1 Visão Gráfica do Componente

Muitos dados podem ser organizados em hierarquia. No seu processo de estruturação para disponibilizá-lo visualmente, o usuário aprende, conhecendo as relações das informações em um nível mental e cognitivo de entendimento dessas informações. O componente gráfico *dox.grid.LazyTreeGrid* no framework do Dojo é

um exemplo desse recurso que possibilita a manipulação das informações gráficas disponibilizadas em hierarquia.

A Figura 54 mostra a disponibilização das informações do desempenho dos alunos por avaliação e formas de avaliar, para que o usuário, neste caso, o professor, possa informar a data da atividade avaliativa, observação e nota para cada aluno.

O componente da grade hierárquica auxilia no lançamento das notas dos alunos em cada avaliação, além de mostrar a situação desse aluno em cada atividade avaliativa pela legenda.

Figura 54. Componente gráfico em hierarquia customizado do Dojo, utilizado no sistema SGF.

Avaliações por Aluno	Data	Nota	2ª	Obs.	Avaliador
1ª Avaliação	...	...	...	...	...
Participation 1	01/04/2014	0	...	...	Comum
Eduardo Chagas de Oliveira	...	...	...	...	...
Written Test 1	08/04/2014	0	...	...	Comum
Listening 1	15/04/2014	0	...	...	Comum
Oral Test 1	22/04/2014	0	...	...	Comum
2ª Avaliação	...	...	...	...	...
Written Test 2	29/04/2014	0	...	...	Comum
Oral Test 2	...	...	...	...	Comum
3ª Avaliação	...	...	...	...	...

Matriculado Desistente Transferido Movido Encerrado Matriculado após Avaliação

Salvar Limpar Fechar

Fonte: (Elaborada pelo autor)

Observe que nesta técnica de VI, a busca neste componente é interativa. O usuário pode minimizar as avaliações que não são de seu interesse naquele momento

e maximizar ou expandir as avaliações de seu interesse no momento. Esse é o principal mecanismo de busca desse componente, pois facilita e, principalmente, agiliza o processo. Outro mecanismo que também pode auxiliar na busca neste componente consiste na ordenação dos alunos.

5.2.2.2.2 Análise da Técnica Grade Hierárquica

A técnica de visualização Grade Hierárquica consiste em uma forma mais eficiente de visualização que a técnica de visualização Tabela ou Grade, pois de forma usual, é possível realizar separações de conjuntos de dados de interesse do usuário, através da tarefa do usuário “Filtrar”. Para cada nível de expansão da grade, o usuário pode expandir ou contrair diversas informações que foram projetadas para aquele nível.

Para a grade de avaliações do Fisk, o primeiro nível é projetado com o momento da avaliação dividido sempre em três fases no semestre (1ª Avaliação, 2ª Avaliação e 3ª Avaliação), o segundo nível é projetado com o tipo da avaliação (oral, escrita, de participação, etc.), o terceiro nível é projetado com as informações do aluno e dados de sua nota ou conceito. A eficiência na busca encontra-se nas tarefas do usuário que permitem encontrar a nota do aluno em determinado momento e tipo de avaliação. As tarefas de usuário permitem filtrar a partir de cada nível hierárquico reduzindo a divisão da estrutura de árvore em subdivisões. Assim, a técnica consegue dividir em partes de forma consecutiva, dividindo partes das partes visuais.

A técnica de grade hierárquica permite ao usuário visualizar, interagir ou navegar com a realização de separações das informações, assim como mostrada na técnica da Figura 55, na qual o campo de visão do usuário é reduzido à sua necessidade. O usuário pode dividir os dados somente pelo tipo de avaliação “1ª Avaliação”, pela avaliação continuada “1ª Prova de Desempenho” dividindo a visualização em partes, ambas as vezes. Por último, o usuário ainda consegue dividir a busca em partes, uma vez que os nomes estão ordenados.

Figura 55. Técnica de grade hierárquica de avaliações da turma do sistema SGF.

Cadastro de Avaliação da Turma

Sua sessão expira em 27 min 14 seg

Turma: REG/ATS-TER/QUI-19:00/20:00-1 S/15-1

Visão: Alunos por Avaliações

Alunos por Avaliação	Data	Nota	2ª	Obs.	Avaliador
1ª Avaliação					
1ª Prova Compreensão Auditiva		0			Diego Rocha dos Santc
1ª Prova de Desempenho		9,50			Diego Rocha dos Santc
Bruno Mancini		10			
Débora Cristina Godoy		10			
José KKA		9			
Juliana Souza Dias		8,5			
Marcos Sa Chaves		10			
Maria KKA					

☐ Matriculado
 ☐ Desistente
 ☐ Transferido
 ☐ Movido
 ☐ Encerrado
 ☐ Sem data/Matriculado após Avaliação

Salvar Excluir Limpar Fechar

Fonte: (SGF, 2016).

Por fim, o usuário consegue realizar uma tarefa do usuário “Reconfigurar” para analisar as perspectivas de notas a partir de um diferente arranjo espacial dos dados dispostos pela configuração de “Visão” (“Alunos por Avaliações” ou “Avaliações por Alunos”). Caso o usuário deseje, por motivos de facilitação de interação, navegar através dos alunos, para expandir pelo momento e tipo de nota, basta realizar a configuração desta nova visão.

5.2.2.3 Análise da Técnica de Tabela, Quadro ou Grade

Para visualizar múltiplos dados correlacionados, a técnica mais simples é o de tabela. As informações são separadas através de colunas e se relacionam através dos posicionamentos das linhas.

Assim, é possível fazer análises visuais análogas aos da técnica “Lista Simples”, com diversos dados de diferentes medidas ou agrupamentos.

O Quadro 3 mostra um exemplo de tabela na qual há informações sobre a divisão de três momentos de avaliações em uma instituição de ensino, a avaliação aplicada no momento, a data, a média das avaliações do momento, o aluno, a nota do aluno e o avaliador quem aplicou a prova. A visualização é tabular, e a técnica usa uma estrutura de ordenação para organizar essas informações através das colunas “Momento”, “Avaliação” e “Aluno”, nesta respectiva sequência.

Essa organização ajuda na busca da informação, quando o objetivo é encontrar a nota de determinado aluno, em dado momento e avaliação. Por exemplo, responder a pergunta “Qual a nota do aluno ‘Maria’ no segundo momento, primeira avaliação?” pode ser buscado pelo usuário separando primeiramente todas as linhas da tabela que possuem “2º Momento”, reduzindo o campo de visualização a quatro linhas e, em seguida, separando as linhas da “Avaliação 1”, reduzindo o campo de visão em apenas duas linhas. Assim, basta observar qual a linha que possui o nome “Maria” e visualizar a nota da mesma.

Quadro 3. Quadro de avaliação da turma ordenada pelas colunas “Momento”, “Avaliação” e Aluno”.

Momento	Avaliação	Data	Média	Aluno	Nota	Avaliador
1º Momento	Avaliação 1	16/12/2016	8,5	Maria da Silva	7	Albert Einstein
1º Momento	Avaliação 1	16/12/2016	8,5	Tarcísio Gonçalves	10	Albert Einstein
1º Momento	Avaliação 2	20/12/2016	7,75	Maria da Silva	7	Albert Einstein
1º Momento	Avaliação 2	20/12/2016	7,75	Tarcísio Gonçalves	8,5	Albert Einstein
3º Momento	Avaliação 1	28/12/2016	4	Maria da Silva	4	Albert Einstein
3º Momento	Avaliação 1	28/12/2016	4	Tarcísio Gonçalves	4	Albert Einstein
3º Momento	Avaliação 2	05/01/2017	5	Maria da Silva	4	Albert Einstein
3º Momento	Avaliação 2	05/01/2017	5	Tarcísio Gonçalves	6	Albert Einstein
2º Momento	Avaliação 1	30/11/2017	8,75	Maria da Silva	8,5	Albert Einstein
2º Momento	Avaliação 1	30/11/2017	8,75	Tarcísio Gonçalves	9	Albert Einstein
2º Momento	Avaliação 2	05/01/2017	8,5	Maria da Silva	8	Albert Einstein
2º Momento	Avaliação 2	05/01/2017	8,5	Tarcísio Gonçalves	9	Albert Einstein

Fonte: (Elaborada pelo autor)

Como todos os dados foram ordenados pelas colunas “Momento”, “Avaliação” e “Aluno”, a cada passo da busca seguindo essas mesmas colunas, é possível descartar

blocos de informações. Por este motivo, o usuário pode realizar tarefas como “Filtrar”, tornando a complexidade cognitiva dessa técnica de visualização, menor.

Essa mesma estrutura pode não oferecer tarefas do usuário “Filtrar” de diminuição do conjunto de dados, caso as colunas não estejam ordenadas, assim como mostrado no Quadro 4. Como não há ordenação, o usuário é obrigado a percorrer de forma visual cada um dos momentos, separá-los e, para cada um dos momentos de interesse, no caso, “2º Momento”, percorrer novamente todos estes para separar os de “Avaliação 1” e, de forma análoga, fazer o mesmo para o aluno “Maria”. Sejam ‘m’ a quantidade e momentos, ‘v’ a quantidade de avaliações e ‘l’ a quantidade de alunos, a quantidade de tarefas do usuário para percorrer todos os registros e “Selecionar” os de seu interesse é igual a $m*v*l$.

Quadro 4. Quadro de avaliação da turma não ordenada.

Momento	Avaliação	Data	Média	Aluno	Nota	Avaliador
1º Momento	Avaliação 1	16/12/2016	8,5	Maria da Silva	7	Albert Einstein
3º Momento	Avaliação 1	28/12/2016	4	Tarcísio Gonçalves	4	Albert Einstein
1º Momento	Avaliação 2	20/12/2016	7,75	Maria da Silva	7	Albert Einstein
2º Momento	Avaliação 2	05/01/2017	8,5	Maria da Silva	8	Albert Einstein
3º Momento	Avaliação 2	05/01/2017	5	Maria da Silva	4	Albert Einstein
1º Momento	Avaliação 2	20/12/2016	7,75	Tarcísio Gonçalves	8,5	Albert Einstein
3º Momento	Avaliação 2	05/01/2017	5	Tarcísio Gonçalves	6	Albert Einstein
2º Momento	Avaliação 1	30/11/2017	8,75	Maria da Silva	8,5	Albert Einstein
3º Momento	Avaliação 1	28/12/2016	4	Maria da Silva	4	Albert Einstein
2º Momento	Avaliação 1	30/11/2017	8,75	Tarcísio Gonçalves	9	Albert Einstein
1º Momento	Avaliação 1	16/12/2016	8,5	Tarcísio Gonçalves	10	Albert Einstein
2º Momento	Avaliação 2	05/01/2017	8,5	Tarcísio Gonçalves	9	Albert Einstein

Fonte: (Elaborada pelo autor)

A técnica visual da Quadro 4 mostram dados simplificados da avaliação da turma, mas considerando dados reais, a busca da informação é mais demorada ao pesquisar em momentos considerando até 12 atividades e trabalhos avaliativos semestrais e considerando até 120 alunos em determinada turma. Ao ampliar os dados, as complexidades cognitivas dessa técnica aumentam também em mesma proporção que a mostrada em fórmula, com relação à análise mantendo estas grandezas estruturais da tabela e mantendo o objetivo de busca pela mesma informação.

Da mesma forma, a grade de subestações de energia elétrica do sistema RVCemig ilustrada pela Figura 56 requer várias tarefas do usuário para percorrer e selecionar dados, quando se deseja buscar uma informação qualquer de uma subestação, como quantidade de técnicas, pelo nome da mesma. Isso ocorre, pois a grade não está ordenada pelo nome.

Figura 56. Grade de subestações não ordenada do sistema RVCemig WEB.

<input type="checkbox"/>	Ordem	Nome	Tipo	Qtd. Modelos	Qtd. Validados/ Enviados Cena	Ativo
<input type="checkbox"/>	1	Emborcação	Subestação e Usina	89	88	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Nova Ponte	Subestação e Usina	28	28	Sim
<input type="checkbox"/>	2	Jaguara	Subestação e Usina	107	53	Sim
<input type="checkbox"/>	100	São Simão	Subestação e Usina	5	0	Sim
<input type="checkbox"/>	11	Neves 1	Subestação	63	60	Sim
<input type="checkbox"/>	100	São Gotardo 2	Subestação	52	26	Sim
<input type="checkbox"/>	13	Itajubá 3	Subestação	1	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Mesquita	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	12	São Gonçalo do Pará	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	6	Vespasiano	Subestação	49	49	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Ouro Preto 2	Subestação	19	16	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Araçuaí 2	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Baguari	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Barbacena 2	Subestação	4	0	Sim
<input type="checkbox"/>	8	Barão de Cocais 3	Subestação	15	1	Sim
<input type="checkbox"/>	1	Barreiro 1	Subestação	96	94	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Conselheiro Pena	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Gov. Valadares 2	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Guilman Amorin	Subestação	0	0	Sim

Fonte: (Elaborada pelo autor)

A busca através do nome ordenado, como ilustrada pela Figura 57, já apresenta um número bem menor de tarefas do usuário, pois basta o usuário realizar as tarefas “Conectar” para perceber que a grade é ordenada pela coluna “Nome” e outras poucas tarefas de “Filtrar” para percorrer as linhas ordenadas por esta coluna, diminuindo o conjunto de dados através da ordenação e, por último, realizar a tarefa “Selecionar” para percorrer e marcar os itens de seu interesse na grade.

Figura 57. Grade de subestações do sistema RVCemig WEB, ordenada pelo nome.

<input type="checkbox"/>	Ordem	Nome	Tipo	Qtd. Modelos	Qtd. Validados/ Enviados Cena	Ativo
<input type="checkbox"/>	100	Áimorés	Usina	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Amador Aguiar 1	Usina	9	8	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Amador Aguiar 2	Usina	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Araçuaí 2	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Baguari	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	8	Barão de Cocais 3	Subestação	15	1	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Barbacena 2	Subestação	4	0	Sim
<input type="checkbox"/>	1	Barreiro 1	Subestação	96	94	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Bom Despacho 3	Subestação	1	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Camargos	Usina	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Conselheiro Pena	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	1	Emborcação	Subestação e Usina	89	88	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Funil	Usina	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	1	Genérica	Subestação	73	63	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Gov. Valadares 2	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Gullman Amorim	Subestação	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Igarapava	Usina	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Igarapé (T)	Usina	0	0	Sim
<input type="checkbox"/>	100	Ipatinga 1	Subestação	2	0	Sim

1 - 19 de 53 itens 17 | 34 | 68 | 100 | Todos 1 2 3

Fonte: (Elaborada pelo autor)

A grade pode apresentar maiores complexidades cognitivas na medida em que envolve mais colunas e as mesmas não se encontram ordenadas, exigindo uma combinação maior de tarefas do usuário para resolver determinados problemas. Assim como mostrado na Figura 58, a complexidade cognitiva é maior uma vez que as todas as colunas estão desordenadas e a busca pode envolver várias tarefas com a combinação de todas as colunas da tabela.

Figura 58. Grade horária não ordenada.

Dia	Situação	Hora Inicial	Hora Final
Segunda	Ocupado pelo Professor	08:20	08:45
Segunda	Ocupado pelo Professor	15:55	17:00
Terça	Ocupado pelo Professor	12:45	14:30
Quarta	Ocupado pelo Professor	08:15	09:45
Segunda	Ocupado pela Turma	09:00	10:00
Quarta	Ocupado pela Turma	09:20	10:15
Sexta	Ocupado pela Turma	09:00	10:30
Segunda	Ocupado pelo Professor	09:00	10:45
Terça	Ocupado pela Sala	08:40	10:15
Quarta	Ocupado pela Turma	13:20	14:30
Segunda	Ocupado pela Turma	12:45	13:45
Quinta	Ocupado pelo Professor	08:15	09:45
Quarta	Ocupado pelo Professor	12:45	14:30
Quinta	Ocupado pela Turma	08:45	10:00
Terça	Ocupado pela Sala	10:30	11:30
Quinta	Ocupado pela Sala	12:45	14:30
Segunda	Ocupado pelo Professor	08:40	10:40
Sexta	Ocupado pela Turma	12:45	14:30

Fonte: (Elaborada pelo autor)

A análise visual torna-se mais fácil de ser realizada quando os dados se relacionam e existe um separador que os separam ou agrupam. Suponha os dados em duas grades, assim como a Figura 59, por exemplo. Existe uma correspondência das baixas de cada um dos títulos a partir do seu número e parcela. Logo, para saber a data de todas as baixas de determinadas parcelas, é preciso percorrer as linhas da primeira grade e, para cada uma delas, percorrer as linhas da grade de baixas verificando a correspondência e verificando valores desejados como a data.

Assim, sejam “n” linhas ou posições da grade de títulos e “m” posições da grade de baixas, como a grade de títulos está ordenada, é possível buscar pelas partes e realizar a tarefa “Filtrar” para diminuir o conjunto de dados a serem percorridos nas tarefas do usuário. Mas para cada registro da tabela de títulos é preciso percorrer as linhas da tabela de baixas, que também se encontra ordenada exigindo uma complexidade cognitiva menor. O número de tarefas do usuário resultante é reduzido nos dois percursos visuais nesta técnica.

Figura 59. Duas grades com informações de títulos e baixas separadas.

▼ Títulos

<input type="checkbox"/>	Número	Parcela	Emissão	Vencimento	Valor	Saldo	Cliente	Situação	Natureza
<input type="checkbox"/>	37	1	01/03/2017	10/04/2017	100,00	0	Henrique	Aberto	Receber
<input type="checkbox"/>	37	2	01/03/2017	10/05/2017	100,00	100	Henrique	Aberto	Receber
<input type="checkbox"/>	37	3	01/03/2017	10/06/2017	100,00	100	Henrique	Aberto	Receber
<input type="checkbox"/>	39	1	09/03/2017	15/04/2017	150,00	0	Marco Aurélio	Fechado	Receber
<input type="checkbox"/>	39	2	09/03/2017	15/05/2017	150,00	150	Marco Aurélio	Aberto	Receber
<input type="checkbox"/>	40	1	10/03/2017	05/05/2017	200,00	0	Maria das Graças	Fechado	Receber
<input type="checkbox"/>	41	2	10/03/2017	20/06/2017	200,00	0	Maria das Graças	Fechado	Receber
<input type="checkbox"/>	42	3	10/03/2017	20/07/2017	200,00	0	Maria das Graças	Fechado	Receber
<input type="checkbox"/>	43	4	10/03/2017	20/08/2017	200,00	200	Maria das Graças	Aberto	Receber

1 - 9 de 9 Itens16 | 32 | 48 | 100 | Todos

▼ Baixas

Ações Relacionadas ▼

Todos Itens ▼

<input type="checkbox"/>	Número	Parcela	Data	Valor	Multa	Juros	Desconto	Tipo Baixa	Banco
<input type="checkbox"/>	37	1	05/02/2017	50,00	0,00	0,00	30,00	Parcial	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	37	1	05/02/2017	50,00	0,00	0,00	0	Parcial	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	39	1	05/02/2017	50,00	0,00	0,00	15,00	Parcial	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	39	1	05/02/2017	50,00	0,00	0,00	0	Parcial	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	39	1	05/02/2017	50,00	0,00	0,00	20,00	Parcial	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	40	1	05/04/2017	50,00	0,00	0,00	0	Parcial	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	40	1	05/05/2017	50,00	0,00	0,00	0	Parcial	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	40	1	05/06/2017	50,00	0,00	0,00	0	Parcial	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	40	1	05/07/2017	50,00	0,00	0,00	0	Parcial	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	41	2	05/07/2017	200,00	0,00	0,00	0	Total	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5
<input type="checkbox"/>	42	3	05/07/2017	200,00	0,00	0,00	0	Total	Brasil - Ag.3455-5 - cc 90876-5

Fonte: (Elaborada pelo autor)

É possível ainda melhorar a visualização da Figura 59 aplicando uma técnica de interação do usuário com as grades. O mecanismo consiste em somente mostrar as informações das baixas referentes ao título que o usuário selecionar na grade de títulos. O mecanismo melhora em relação ao espaço em tela e também com relação ao tamanho da lista a ser percorrida, mas não com relação ao número de tarefas do usuário a serem executadas, continua reduzida em mesma escala.

Requer maior complexidade cognitiva ao usuário quando uma das grades não está ordenada, obrigando o usuário a percorrer todos os dados, de forma combinatória. Assim, se a grade de títulos não estivesse ordenada, mas a grade de baixas estivesse ordenada, ou, de forma análoga, caso a grade de títulos estivesse ordenada e a grade de baixas estivesse desordenada, a complexidade continuaria maior para realizar as tarefas de usuário para percurso item a item, sem reduzir o conjunto de itens visuais.

O pior caso de eficiência e usabilidade, é quando ambas as grades se encontram não ordenadas, obrigando o usuário a percorrer a partir de várias tarefas na grade de

títulos e, para cada registro, percorrer toda a grade de baixas, também com várias tarefas.

Suponha outro caso, as notas dos alunos matriculados em disciplinas e que possuem vinculação (regular ou especial), conforme ilustrado na Figura 60. Nesta figura existem dois gráficos que possuem as mesmas informações, mas as mostram com estruturas e atributos visuais diferentes.

O gráfico da Figura 60 (a) mostra o “produto cartesiano” de cada aluno com a respectiva disciplina, nota e vinculação, enquanto o gráfico da Figura 60 (b) mostra as informações correspondentes, a partir de legendas. As legendas possibilitam ao usuário visualizar as informações de forma agrupada através de atributos visuais. No exemplo desta figura, o atributo de "cor" é usado para diferenciar as notas dos alunos e o atributo de "símbolo" é usado para distinguir a vinculação do aluno na disciplina.

Figura 60. Comparação representativa de informações dos resultados das notas de alunos



Fonte: (CARDOSO, 2014).

Observe que é bem mais rápido responder à pergunta sobre quais alunos especiais obtiveram a nota abaixo de 7,6 a partir do gráfico da Figura 60 (b), pois as informações estão visualmente agrupadas e o usuário consegue eliminar grupos de dados irrelevantes ao raciocínio lógico envolvido. O mecanismo de distinção gráfica da Figura 60 (a) é necessário para possibilitar agilidade cognitiva e ao mesmo tempo suficiente para resolver o problema. Enfim, estes atributos possibilitam a busca de complexidade cognitiva baixa, em contrapartida da busca combinatória do gráfico da Figura 60 (a). O número de tarefas do usuário para resolver os problemas visuais no

gráfico da Figura 60 (b) é menor, uma vez que é possível filtrar e diminuir o conjunto de itens visuais através dos atributos de cor e símbolo.

Caso o usuário confunda os símbolos (por exemplo, quando os símbolos são bem parecidos, o que não é o caso deste gráfico) ou caso o usuário confunda as cores (por exemplo, quando ele é daltônico ou há cores com tonalidades parecidas), o gráfico da Figura 60 (b) perde a condição de usabilidade, aproximando-se do gráfico Figura 60 (a) com relação ao quesito de desempenho. Este não é o caso da técnica da Figura 60, pois os símbolos são bem diferenciados uns dos outros e as cores estão em tonalidades bem distintas também.

5.2.3 Técnica de Calendário de Eventos

A técnica Calendário de Eventos se distingue da técnica *Table*, uma vez que apesar de ter sua composição estrutural tabular, os blocos de eventos no calendário não seguem uma estrutura tabular linear. Essa técnica permite inserir eventos numa estrutura tabular (estrutura que separa por dias da semana, mês ou ano), de maneira que eles podem sobrepor uns aos outros. Quando um evento sobrepõe ou intercede outro, o seu tamanho é reajustado. Essa sobreposição deixa a técnica mais dinâmica e permite realizar inferências comparativas do lado da visualização do usuário.

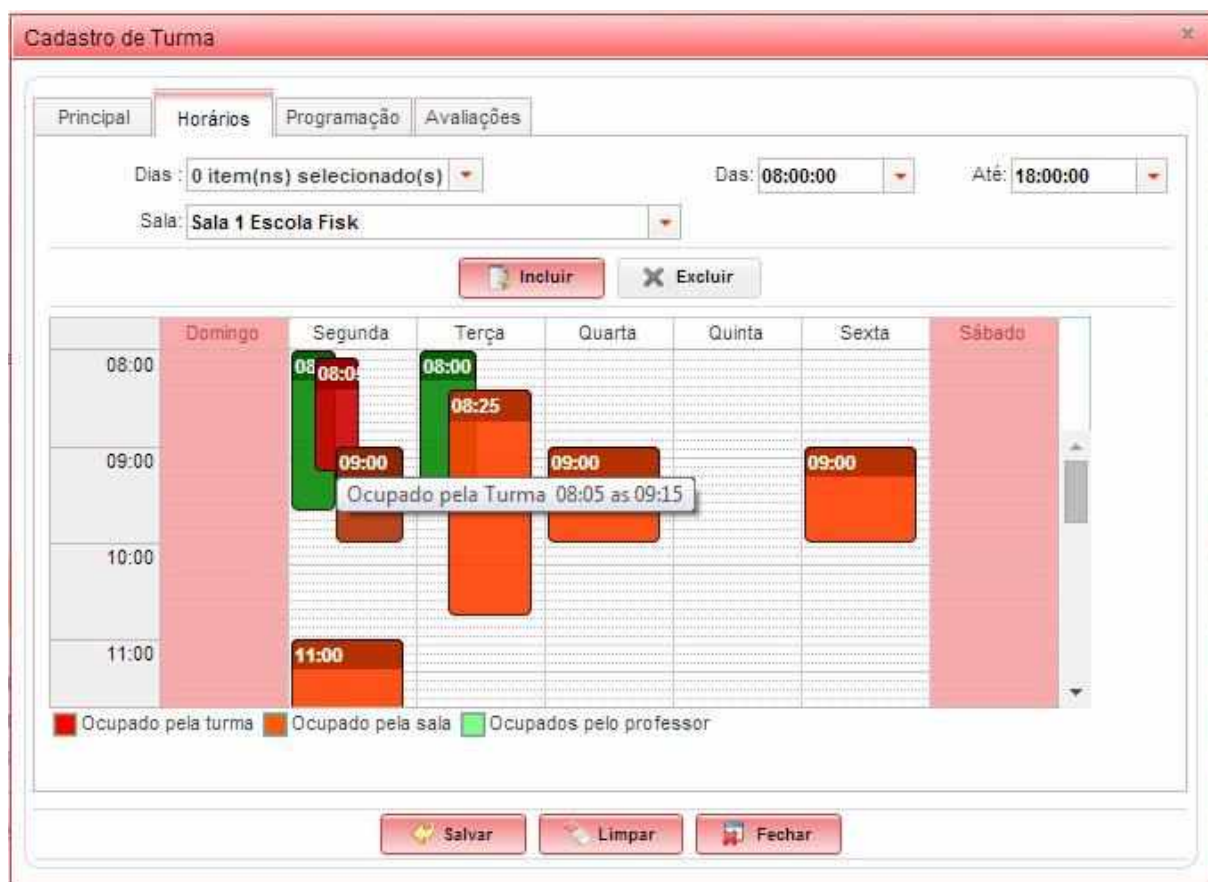
5.2.3.1 Componente Gráfico de Horários

O planejamento de tarefas diárias, semanais e mensais é muito comum em sistemas Web. A visualização da informação das tarefas de forma gráfica, na qual se possa observar e manipular os horários entre as tarefas, pode facilitar o trabalho de planejamento do usuário, principalmente quando existe paralelismo concorrente entre as tarefas.

O componente gráfico de horários mostra as informações buscadas e obtidas na forma de lista, próximo à técnica de tabela, mas ordenado por horários em uma grade horária. A Figura 61 mostra diversas tarefas que são executadas em uma sala de aula,

a ocupação de horários por professores e alunos e, também, alunos de outras turmas na mesma sala.

Figura 61. Componente gráfico de horários customizado do Dojo, construída no sistema SGF.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

O sistema facilita ao usuário controlar o remanejamento de horários das turmas na mesma sala através das possíveis interseções ocasionadas no visual gráfico do componente de grade de horários do Dojo. O componente utilizado do Dojo consiste no *dojo.calendar* e foi customizado para não apresentar o cabeçalho padrão, que especifica determinada semana do mês. Tal customização possibilita de forma personalizada manipular a semana de forma genérica, ou seja, qualquer semana.

Este componente tem uma forma gráfica que ajuda o usuário abstrair e entender os processos cognitivos de inclusão e interseção de horários com muita facilidade, a qual é possível por causa da sua forma e organização gráfica, mostrados lado a lado

na grade horária, mantendo o início e fim de cada um. Isso, junto à legenda do horário, possibilita o processo cognitivo de identidade e comparação entre eles.

5.2.3.2 *Análise da Técnica de Gráfico de Horários*

Conforme visto no tópico 5.2.2 *Técnica de Tabela ou Grade*, as grades podem apresentar complexidades cognitivas diversas, dependendo do número de tarefas do usuário requeridas para interpretá-las durante a sua visualização. Alguns dessas técnicas, como as grades horárias podem ter suas representações simplificadas, apresentando também menores complexidades cognitivas.

Por exemplo, a simplificação da técnica visual representada pela grade horária não ordenada é basicamente a representação ordenada da mesma grade, como observado na Figura 62.

Figura 62. Grade horária ordenada.

Dia	Situação	Hora Inicial	Hora Final
Segunda	Ocupado pelo Professor	08:20	08:45
Segunda	Ocupado pelo Professor	08:40	10:40
Segunda	Ocupado pelo Professor	09:00	10:45
Segunda	Ocupado pela Turma	09:00	10:00
Segunda	Ocupado pela Turma	12:45	13:45
Segunda	Ocupado pelo Professor	15:55	17:00
Terça	Ocupado pelo Professor	08:15	10:15
Terça	Ocupado pela Sala	08:40	10:15
Terça	Ocupado pela Sala	10:30	11:30
Quarta	Ocupado pelo Professor	08:15	09:45
Quarta	Ocupado pela Turma	09:20	10:15
Quarta	Ocupado pela Turma	13:20	14:30
Quarta	Ocupado pelo Professor	16:00	17:00
Quinta	Ocupado pelo Professor	08:15	09:45
Quinta	Ocupado pela Turma	08:45	10:00
Quinta	Ocupado pela Sala	10:50	12:00
Sexta	Ocupado pela Turma	09:00	10:30
Sexta	Ocupado pela Turma	13:15	14:15

Fonte: (Elaborada pelo autor)

A técnica da Figura 62 possibilita ao usuário percorrer as informações de cada uma das colunas sempre separando a informação de interesse na primeira coluna com a tarefa “Filtrar”, através dos itens ordenados ou percorrendo registro a registro através da tarefa “Selecionar”. Por exemplo, se deseja saber se o horário de quarta-feira está ocupado pela turma das 09:20 as 10:15, basta separar visualmente as linhas do dia “Quarta”, que está ordenado, logo depois, separar os horários iniciais e finais, respectivamente das 09:00 e das 10:15 dentro de quarta-feira, que não estão ordenados e, por fim, verificar linha a linha se alguma corresponde à “Situação” “Ocupado pela Turma”. Considerando que há a possibilidade de repetições de registros através da coluna “Situação”, não ordenada, obriga-se o processo a percorrer linha a linha sem a possibilidade de eliminar partes. Assim essa parte do processo exige uma complexidade cognitiva de interpretação maior e, portanto, torna todo o processo menos usual.

A técnica de calendário representada pela Figura 63 permite ao usuário separar as informações em partes. Primeiramente o usuário pode separar os dados de um dia da semana através da tarefa “Filtrar”, sem custo de percorrer as informações. Esta tarefa diminui os itens a serem percorridos, pois diminui o conjunto de dados a serem pesquisados. Após disso, é possível separar os dados de situação pelo atributo de cor, também através das partes visuais. Por último, é possível separar as informações através das posições dos horários na régua de horários ordenados à esquerda da técnica visual. De forma análoga, todas estas tarefas são também “Filtrar”. Como todos os processos são separáveis de forma visual, diminuem o conjunto de dados a serem visualizados, diminuem o percurso dos dados com a finalidade de encontrar a informação desejada, cada vez que uma tarefa do usuário é realizada nesta técnica.

Figura 63. Técnica de calendário.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

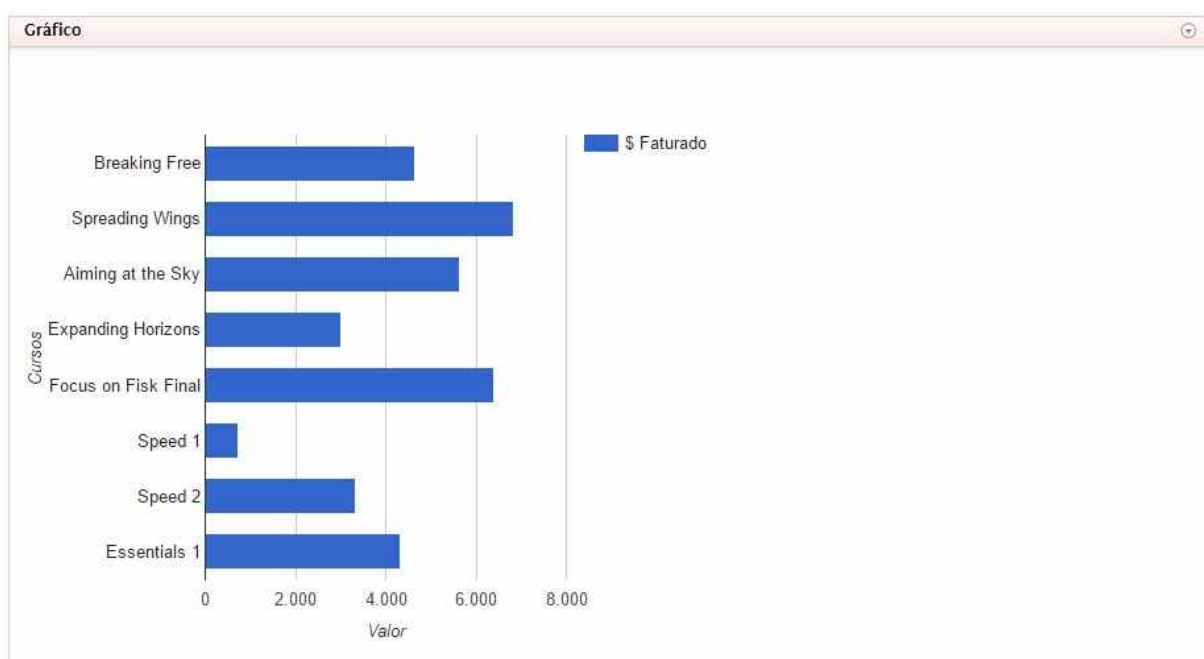
5.2.4 Técnica de Gráfico de Barras Horizontal

Os relatórios computacionais disponibilizam as informações através da técnica tabular (mostrados no tópico 5.2.2 *Técnica de Tabela ou Grade*), mas também os simplificam em técnicas como gráficos de colunas ou barras, gráficos de pizza, gráficos linha, etc.. Essas técnicas, além de sintetizar as informações através de realização de cálculos como agrupamento, média, média ponderada, soma, entre outros, também conseguem simplificar a complexidade cognitiva na Visualização da Informação.

Por exemplo, a Figura 64 mostra um gráfico de barras na horizontal do valor de faturamento dos cursos do sistema SGF (subsistema de *Business Intelligence*), de forma que o usuário pode separar os cursos em quatro grandes áreas de faturamento (de 0 a 2000, de 2000 a 4000, de 4000 a 6000 e de 6000 a 8000). Uma pergunta, por exemplo, de quais os cursos faturamento acima de 6.000 ou quais cursos tiveram maior faturamento, pode ser resolvido a partir da visualização da última faixa e descartando a visualização das demais faixas.

De maneira análoga, assim como o gráfico de barras, os gráficos de pizza, linhas e outros gráficos de relatórios podem apresentar variações analíticas de relatórios sintéticos.

Figura 64. Técnica de barras do valor dos faturamentos dos cursos do sistema SGF



Fonte: (SGF, 2017).

5.2.5 Técnicas e Componentes Gráficos de Relatórios Sintéticos

Outra forma de desenvolver a técnica “*Table*” pode ser através de emissão de relatórios sintéticos nos sistemas WEB. Eles podem mostrar dados detalhados das técnicas de “*Pie Chart*”, “*Bar Chart*”, “*Line Chart*”, “*Area Chart*”, entre outras que mostram as informações de forma analítica.

Os resultados de pesquisa de Business Intelligence (BI) e também resultados de pesquisa de busca em lista podem ser convertidos para o componente gráfico de relatório analítico. Alguns componentes de relatório como o Dojo suportam atualização dos dados por demanda. Isso torna possível a interação e visualização da informação de forma progressiva, ou seja, na medida em que ela é processada.

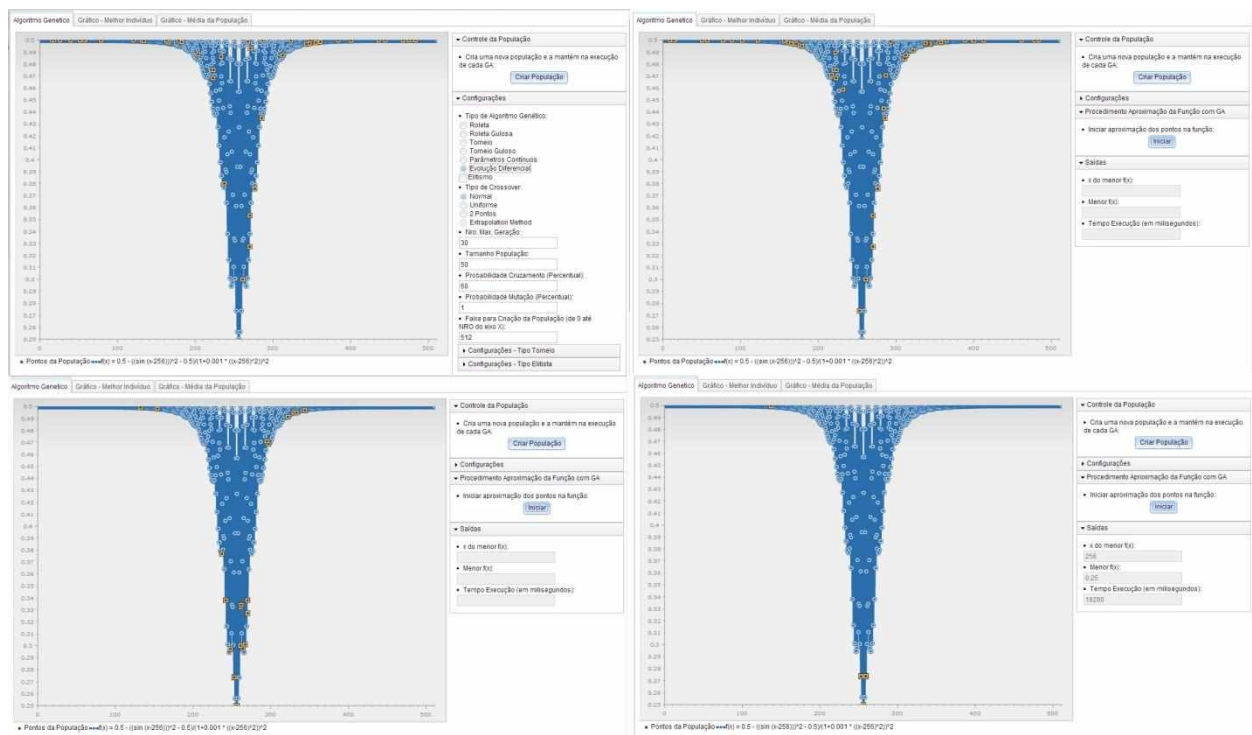
No Dojo isso é possível, graças à interpolação de diferentes conjuntos de dados gráficos. A Figura 65 mostra a visualização gráfica em quatro momentos sequenciais da evolução do algoritmo genético que busca a minimização da função:

$f(x) = -((\sin(x - 256))^2 - 0.5) / (1 + 0.001 * (x - 256)^2)^2$, na qual x está no intervalo de $[0, 512]$.

Esse relatório possibilita uma visualização analítica da evolução do algoritmo ao buscar o mínimo da função, comum nas análises de Inteligência Artificial. É possível visualizar analiticamente a conversão dos pontos de mínimos encontrados durante a evolução do algoritmo genético para o mínimo da função e verificar o desempenho desse algoritmo na resolução desse problema.

A evolução do algoritmo genético é feita de forma interativa e o resultado é colocado no gráfico no final de cada iteração, através da função assíncrona "setTimeout" do Javascript. Isto possibilita uma dinâmica e melhor interação com o usuário. De forma integrada, as bibliotecas "dojox/charting/plot2d/Lines" e "dojox/charting/plot2d/MarkersOnly" do Dojo possibilitam incluir e interpolar gráficos em tempo de execução, com os resultados de cada interação do algoritmo genético.

Figura 65. Componente gráfico de relatório do Dojo, para apresentar em tempo real a execução de um algoritmo genérico.



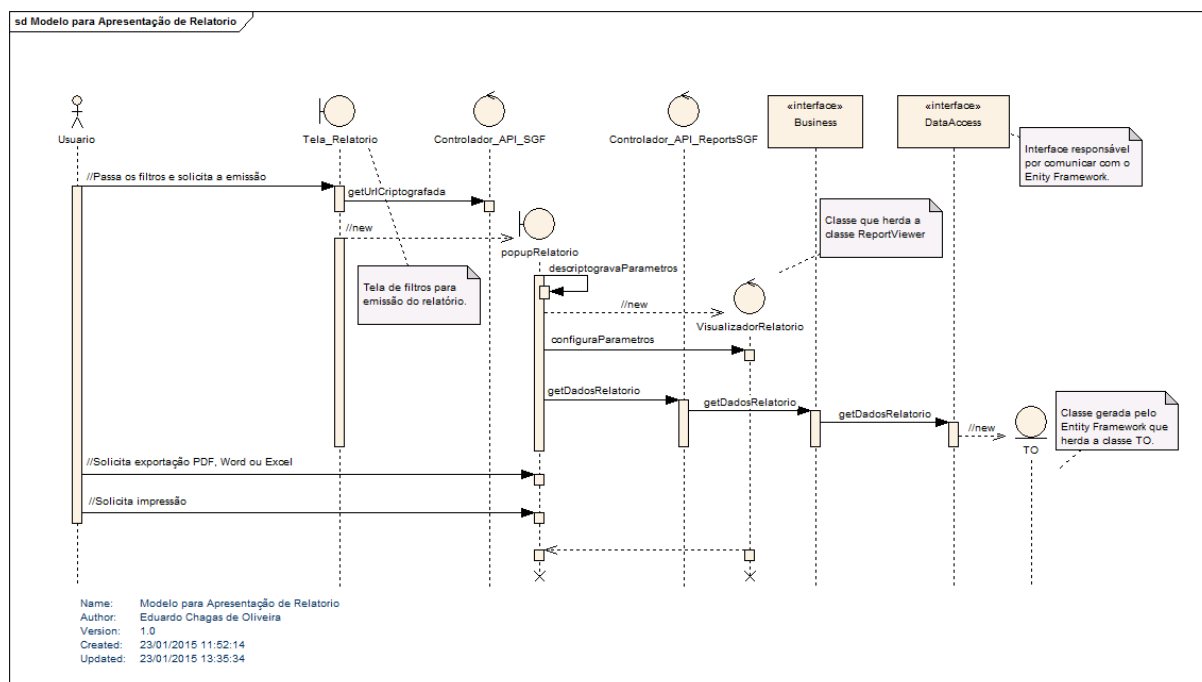
Fonte: (Elaborada pelo autor)

Outra ferramenta que pode ser utilizada junto ao Dojo, consiste no Report Service. Esta ferramenta possui fácil integração com as bibliotecas da Microsoft, em especial com o Entity Framework, responsável pelas consultas no banco de dados e é capaz de criar a técnica de VI de relatório sintético, além das técnicas de relatórios analíticos. Como existem diversas maneiras de integração com o Report Service, é necessário estabelecer uma visão arquitetural deste componente.

5.2.5.1 Visão Arquitetural do Componente

Na arquitetura de sistemas, os componentes de relatórios devem estar empacotados separadamente em um subsistema de apresentação. No paradigma de programação .NET, este subsistema constitui um projeto WEB e pode ser colocado em um *pool* de aplicação diferente do *pool* de aplicações do sistema, no servidor WEB IIS. O *pool* de aplicações é responsável pelo gerenciamento de aplicações e quando um *pool* de aplicações está comprometido, não influencia nos demais. Isto constitui em uma vantagem funcional da arquitetura.

Figura 66. Diagrama de sequência para a técnica de apresentação de relatórios.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Nos sistemas Web Cemig, Freeman e SGF, a arquitetura projeta os subsistemas de relatório separados dos demais subsistemas e, além disso, foi criado um subsistema Web, para renderização dos relatórios. Isso foi feito para que seja possível separar as aplicações de relatórios em uma máquina dedicada, ou seja, separada do servidor de aplicações e do banco de dados. Assim, quando o usuário solicita algum relatório, o servidor de aplicações recupera os filtros do relatório, criptografa e faz uma requisição ao servidor de relatórios, responsável por criar e emitir os relatórios. A Figura 66 mostra a sequência completa do padrão de emissão de relatórios destes sistemas Web, contemplando a arquitetura MVC.

5.2.5.2 Visão Gráfica do Componente

Geralmente os padrões de sistemas Web para relatórios envolvem uma tela para requisição do relatório, na qual o usuário configura os dados de busca das informações e solicita a geração do relatório por meio de uma interação com o sistema. Esse processo pode ser visualizado através da Figura 67.

O sistema processa as informações segundo os parâmetros de busca configurados pelo usuário e mostra uma técnica visual, como “*Pie Chart*”, “*Bar Chart*”, “*Line Chart*”, “*Area Chart*”, quando se trata de um relatório analítico, ou a técnica de relatório sintético, assim como mostrado na Figura 68.

Figura 67. Tela do relatório de posição financeira do sistema WEB SGF.

SGF SISTEMA DE GESTÃO FISK

FISK CENTRO DE ENSINO

Secretaria Coordenação Financeiro Relatórios

Posição Financeira

Sua sessão expira em 19 min 35 seg

Filtros

Movimento: Contas a Pagar Analítico: ☒ Ordem: Vencimento Fornecedor: Limpar

Plano de Contas: Limpar

Mostrar Detalhes

Mostrar Responsável: ☐ Dados Pessoais: ☐ Endereço: ☐ Descrição dos Descontos: ☐ Plano de Contas: ☒

Período da Data Inicial

Data Inicial: 04/01/2012 Data Final: 09/02/2015 Data Base: 09/02/2015

Relatório

Fonte: (Elaborada pelo autor)

A Figura 67 mostra um exemplo de tela para requisição do relatório de posição financeira de uma franquia do Fisk. Nesta tela é possível configurar parâmetros para emissão do relatório e buscar as informações financeiras em um determinado período. Por exemplo, é possível buscar por “Contas a Receber”, “Contas a Pagar”, “Contas Pagas” e “Contas Recebidas”, por ordem de “Vencimento”, de “Cliente” ou de “Plano de Contas”, etc.. Todo esse processo de configuração já delimita o escopo de pesquisa, filtrando os dados de interesse. Esse processo é um processo de busca computacional que demanda tempo e complexidade computacional.

Figura 68. Relatório de posição financeira do sistema WEB SGF.

Fisk
CENTRO DE ENSINO

Contas a Pagar por Data de Vencimento
Período de 04/01/2012 à 09/02/2015 Data base: 09/02/2015

Vencimento	Fornecedor	Telefone	Emissão	Título	Documento	Valor	Juros	Multa	Desconto	Saldo
29/11/2014	Amarildo de Souza		30/11/2014	8-1	Título	125,00	0,00	0,00	0,00	125,00
				1		125,00	0,00	0,00	0,00	125,00
30/11/2014	Amarildo de Souza		16/10/2014	5-2	Título	80,00	0,00	0,00	0,00	80,00
	Plano de Contas: cereais					80,00				
				1		80,00	0,00	0,00	0,00	80,00
01/12/2014	Amarildo de Souza		01/12/2014	7-1	Título	125,00	0,00	0,00	0,00	125,00
				1		125,00	0,00	0,00	0,00	125,00
10/12/2014	Antonio		10/12/2014	1017-1	Título	480,00	0,00	0,00	0,00	480,00
				1		480,00	0,00	0,00	0,00	480,00
29/12/2014	Amarildo de Souza		30/11/2014	8-2	Título	125,00	0,00	0,00	0,00	125,00
				1		125,00	0,00	0,00	0,00	125,00
10/01/2015	Antonio		10/12/2014	1017-2	Título	480,00	0,00	0,00	0,00	480,00
				1		480,00	0,00	0,00	0,00	480,00
15/01/2015	Antonio		14/01/2015	1016-1	Título	300,00	0,00	0,00	0,00	300,00
				1		300,00	0,00	0,00	0,00	300,00
29/01/2015	Amarildo de Souza		16/10/2014	5-3	Título	30,00	0,00	0,00	0,00	30,00
	Plano de Contas: cereais					30,00				
				1		30,00	0,00	0,00	0,00	30,00
Totais				8		1.745,00	0,00	0,00	0,00	1.745,00

Página: 1 de 1 RptTítulosData.rdlc Usuário: master Impresso em: 09/02/2015 11:35:56

Fonte: (Elaborado pelo autor)

Quando o usuário clica no botão “Relatório”, o sistema emite o relatório de posições financeiras solicitado, conforme visto na Figura 68. Esta técnica mostra os dados detalhados referentes ao da busca que o usuário solicitou, como recibo ou uma lista de aniversariantes, por exemplo. Neste caso, os dados são referentes às contas ainda não pagas agrupadas pela data de vencimento. Geralmente o relatório sintético possui um padrão visual, dado pela imagem de logomarca, nome do relatório e filtros de parâmetros posicionados no cabeçalho do relatório, os detalhes e subdetalhes no corpo do relatório e, geralmente, número de página, usuário, data de emissão, entre outras informações no rodapé do relatório.

5.2.6 Técnicas do UML versão 2.0

A UML é importante na construção de sistemas, como principal interface de comunicação entre o time de desenvolvimento e os demais *stakeholders*. Ela possibilita

o entendimento daquilo que foi (na manutenção evolutiva), está (na fábrica de software) ou será (nas especificações ou estimativas de software) construído.

Os atuais dicionários de técnicas de VI não possuem por completo as técnicas concebidas no UML, principalmente aquelas que foram adicionadas na sua atual versão 2.0. As técnicas de VI na UML são denominadas de diagramas. Diagrama na UML é a representação gráfica de um conjunto de elementos. São usados para permitir a visualização de um sistema sob diferentes perspectivas. A UML inclui 9 diagramas:

1. Diagrama de Classes;
2. Diagrama de Objetos;
3. Diagrama de Caso de Uso;
4. Diagrama de Sequência;
5. Diagrama de Colaboração;
6. Diagrama de Gráficos de Estados;
7. Diagrama de Atividades;
8. Diagrama de Componentes; e
9. Diagrama de Implantação.

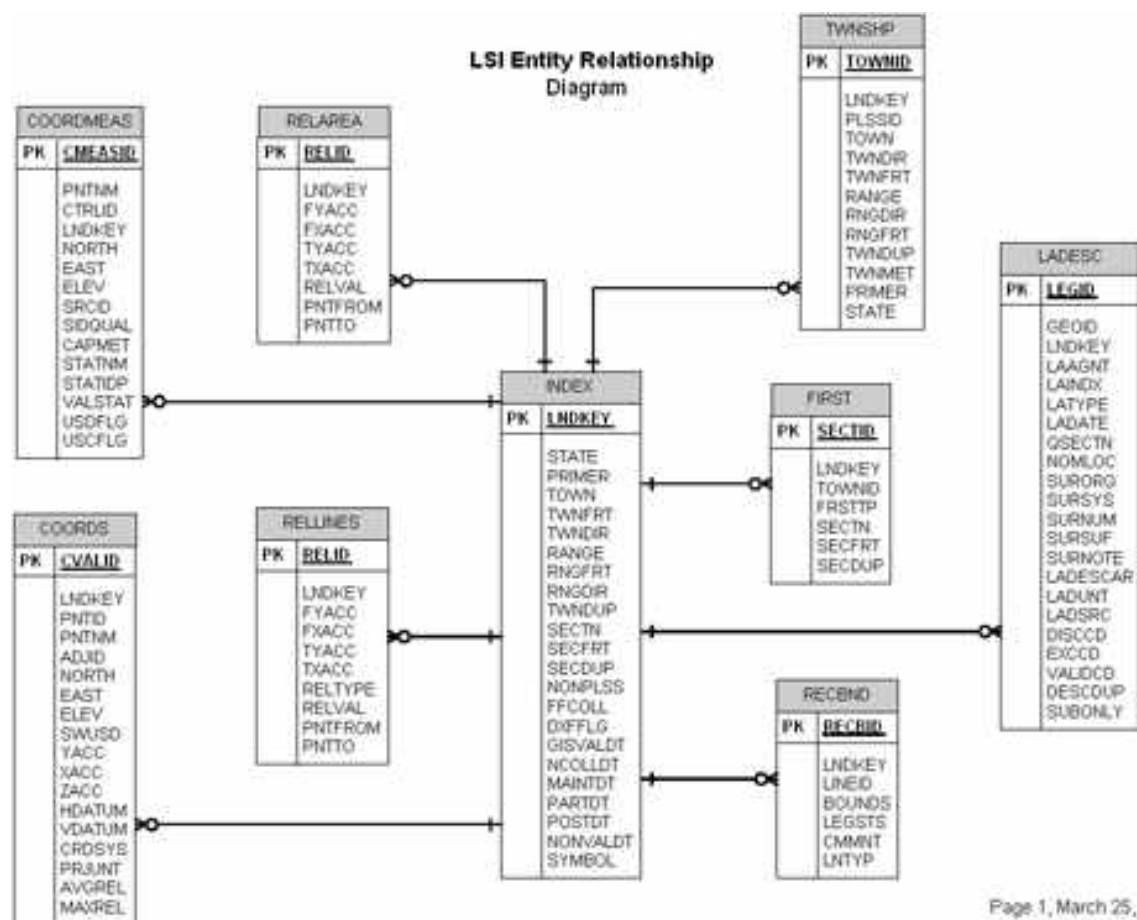
A versão da UML 2.0 acrescentou aos modelos a documentação de mais comportamentos do sistema e aumentou a automação das ferramentas de modelagem. A UML 2.0 divide os diagramas comportamentais. Acrescentou-se os seguintes diagramas:

- Diagramas de Estruturas Compostas;
- Diagramas de Desdobramento (implantação);
- Diagramas de Pacote;
- Diagramas de Comunicação;
- Diagramas de Interação Resumidas; e
- Diagramas de Tempo (sistemas em tempo real).

O dicionário de Tabela Periódica de VI possui alguns diagramas como o Diagrama de Comunicação e Diagrama de Entidade e Relacionamento, conforme visto

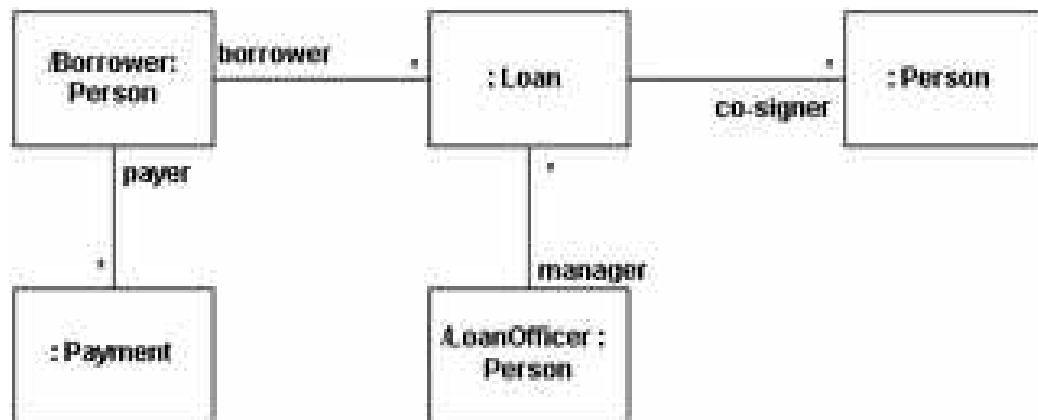
respectivamente pelas Figura 69 e Figura 70. Entretanto não possuem por completo todos os diagramas da UML em nenhuma das suas versões. Todos os outros dicionários correlatos apontados neste trabalho também são incompletos com relação a esta finalidade.

Figura 69. Exemplo de Diagrama de Entidade e Relacionamento do dicionário da Tabela Periódica de VI.



Fonte: (LENGLER; EPPLER, 2007)

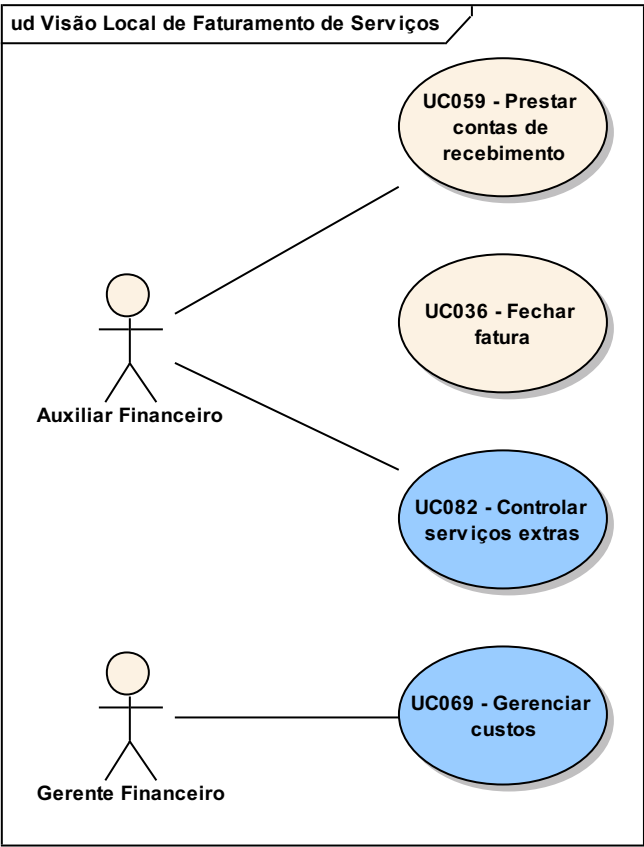
Figura 70. Exemplo de Diagrama de Comunicação do dicionário da Tabela Periódica de VI.



Fonte: (LENGLER; EPPLER, 2007)

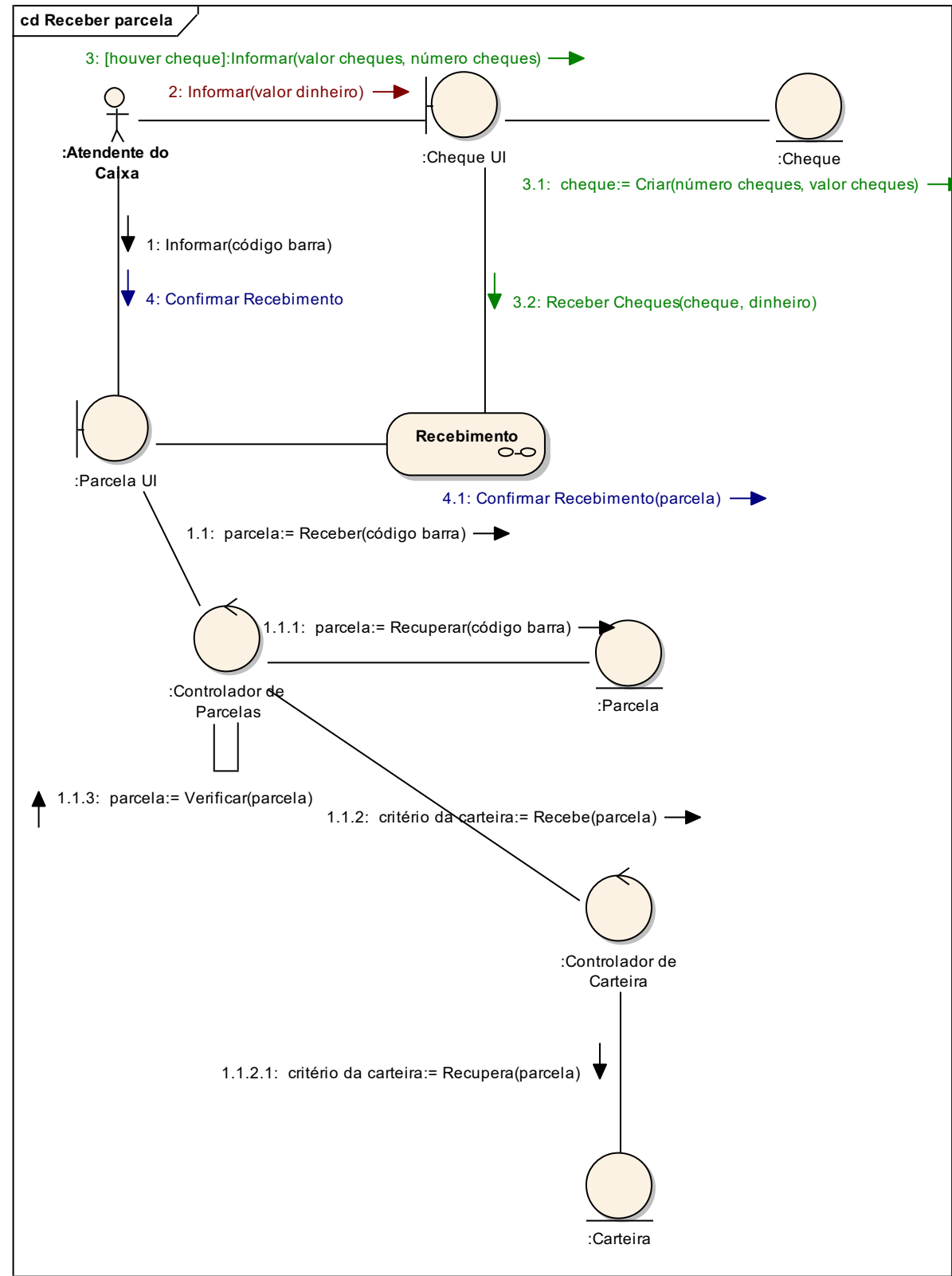
Na evolução do dicionário *Treemap* de VI foram adicionados todos os diagramas do UML na sua versão 2.5. Por exemplo, os Diagrama de Caso de Uso, Diagrama de Colaboração, Diagrama de Atividades e Diagrama de Gráficos de Estados, vistos respectivamente pelas Figura 71, Figura 72, Figura 74 e Figura 73 foram utilizados nos sistemas eCobrança e SGD da Fundação Fisk (sistema que utiliza o paradigma orientado a objetos), respectivamente para especificar parte das funcionalidades do sistema, o comportamento de determinadas classes do sistema, as atividades do negócio do cliente e os possíveis estados e transição entre eles de determinadas outras classes.

Figura 71. Exemplo de Diagrama de Caso de Uso do UML.



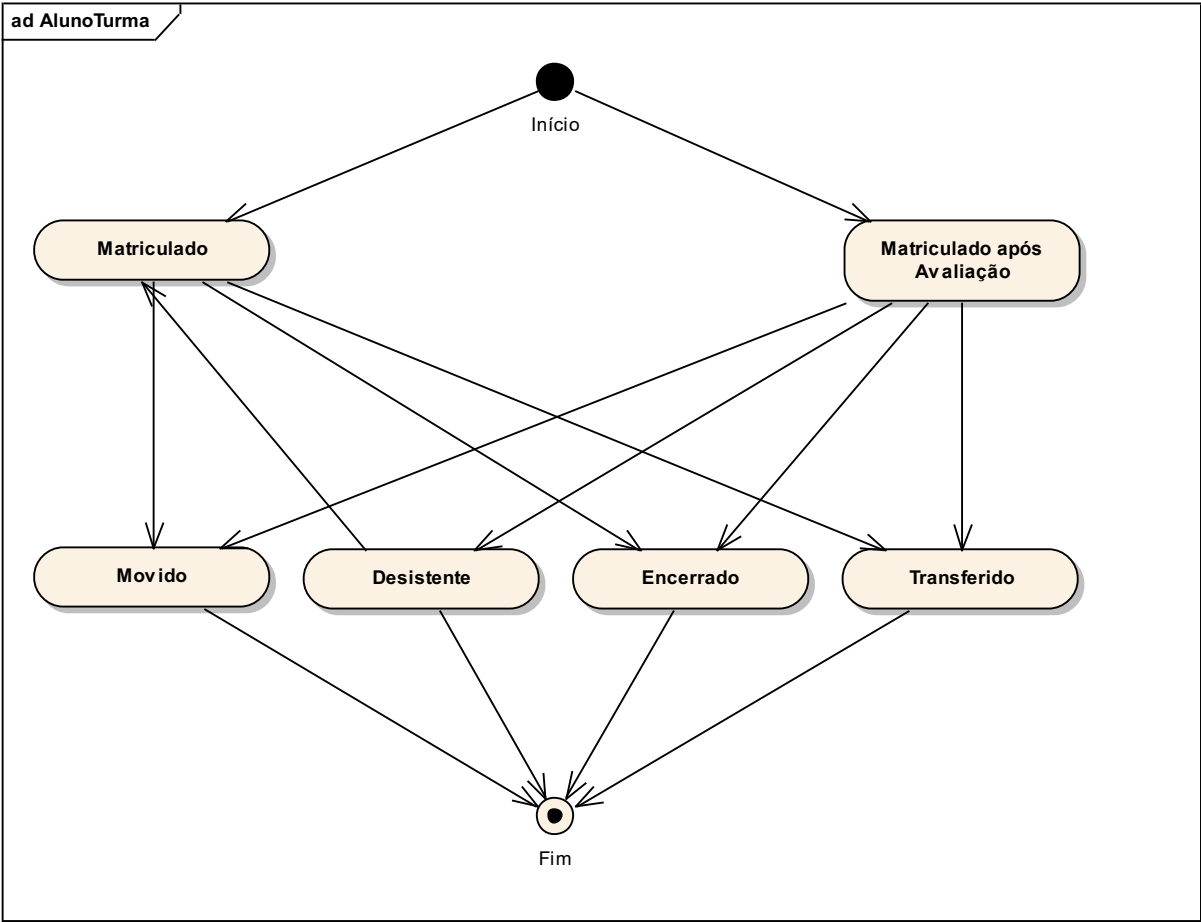
Fonte: (Elaborado pelo autor)

Figura 72. Exemplo de Diagrama de Colaboração do UML.



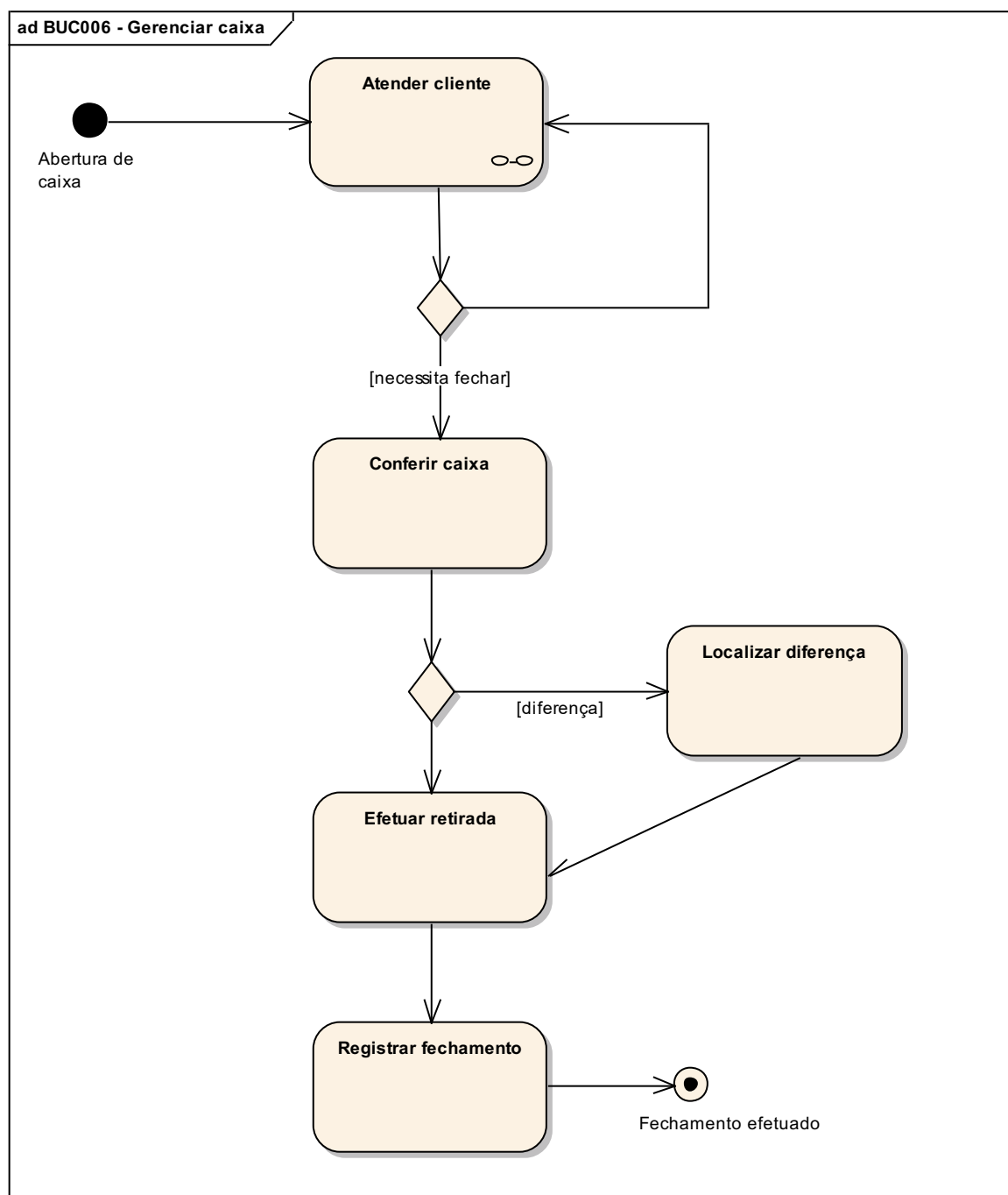
Fonte: (Elaborado pelo autor)

Figura 73. Exemplo de digrama de Gráfico de Estados do UML.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 74. Exemplo de Diagrama de Atividades.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

5.2.7 Análise das Novas Técnicas de VI

Este tópico tem como finalidade apresentar a análise geral das técnicas de VI e a análise específica dos componentes de VI, criados durante suas implementações.

5.2.7.1 *Análise Específica de Desempenho dos Componentes*

Este item apresenta como finalidade realizar uma análise específica de desempenho dos componentes de VI, construídos na elaboração e seleção de novas técnicas de VI. A análise é individual e também comparativa, buscando aspectos específicos, que possam contribuir para uma metodologia capaz de separá-los uns dos outros ou classificá-los segundo desempenho. Alguns testes de unidade e de sistemas possibilitaram realizar também a análise comparativa entre a classificação da complexidade cognitiva e os resultados obtidos, como o tempo de processamento e renderização dos componentes gráficos.

Os componentes gráficos de multiseleção oferecem ganhos em espaço na página Web, mas o usuário terá que pesquisar o item desejado em toda a lista. É possível amenizar esse problema disponibilizando os itens em ordem alfabética. A pesquisa no banco de dados busca toda a lista de itens, ao menos que o componente utilize o mecanismo de *autocomplete* e faça a pesquisa por demanda.

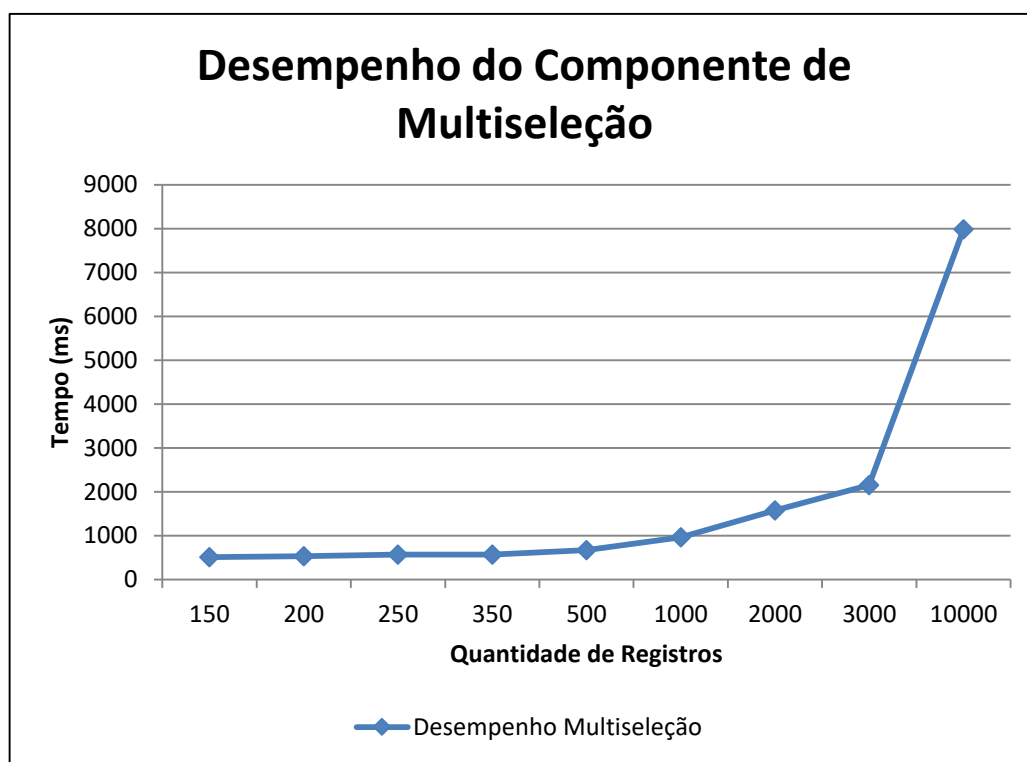
A Figura 75 mostra um gráfico com os resultados de teste de desempenho do componente de multiseleção para verificar a quantidade de registros que pode ser disponibilizada pelo componente sem comprometer o tempo de resposta. O eixo das abscissas contém a quantidade de registros solicitados na requisição e o eixo das ordenadas contém o tempo gasto para buscar os registros e apresentá-los. O tempo de busca corresponde ao somatório dos tempos de renderização do componente Web, de rede, de processamento de negócio e de banco de dados. Verifica-se que o componente de multiseleção é viável para buscar até dois mil registros. Este desempenho foi suficiente, pois na necessidade de busca de uma maior quantidade de registros, nos casos de necessidade, utilizou-se outros tipos de componentes similares que serão analisados a seguir.

Por outro lado, os componentes de grade de paginação (vide exemplo na Figura 52) não renderizam toda a informação na tela, processando os dados em parcelas. Na

análise destes componentes de grade, é possível categorizar e comparar três formas de buscas: sem paginação, paginação sem demanda e paginação sob demanda.

O componente sem paginação busca e mostra todas as informações na grade sem dividi-las em parcelas. O componente de paginação sem demanda busca todas as informações, mas divide as informações em páginas para renderizar. Os componentes gráficos de paginação por demanda não buscam toda a lista de itens no banco de dados, mas somente a parcela referente à demanda. Essa parcela pode ser referente também a um conjunto de filtros de pesquisa e ordenação.

Figura 75. Resultado de teste de desempenho do componente de multiseleção.

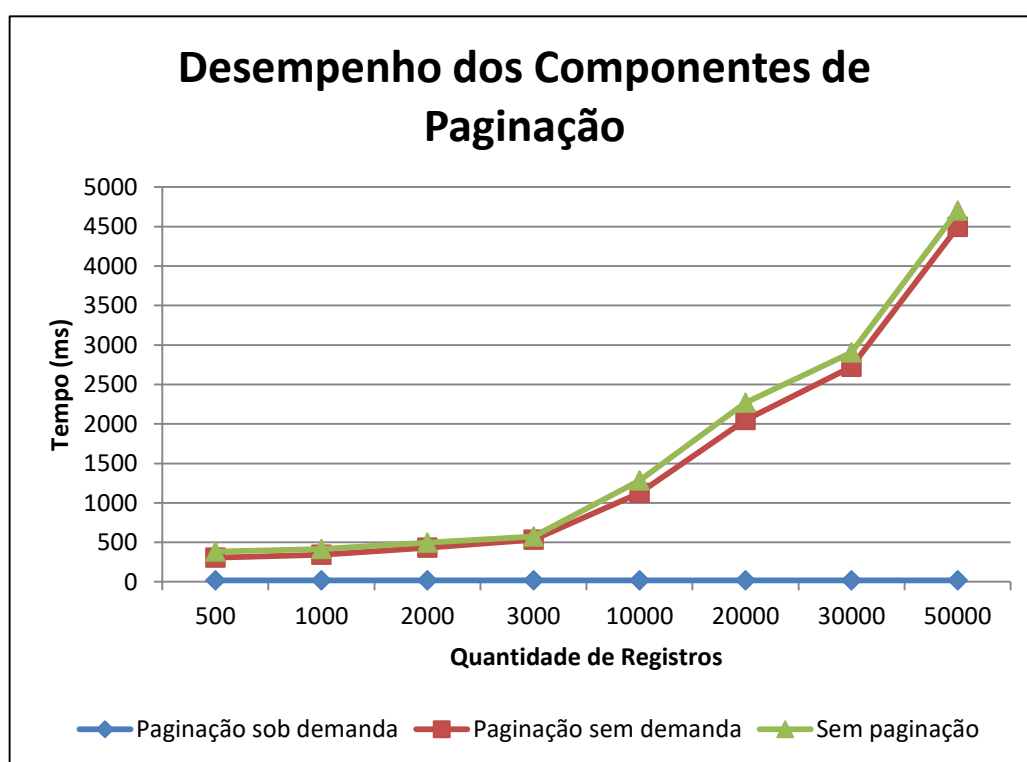


Fonte: (Elaborada pelo autor)

A Figura 76 mostra o resultado comparativo dos testes de desempenho dos componentes gráficos sem paginação, com paginação sem demanda e com paginação sob demanda. O eixo das abscissas contém a quantidade de registros solicitada na requisição e o eixo das ordenadas contém o tempo gasto para buscar os registros e apresentá-los em cada tipo de componente. O tempo de busca corresponde ao somatório dos tempos de renderização do componente Web, de rede, de

processamento de negócio e de banco de dados. Verifica-se que os componentes sem paginação e com paginação sem demanda são viáveis para buscar até dezenove mil registros. A paginação sem demanda é um pouco mais rápida que a sem paginação, pois não há a necessidade de alocar todos os registros no componente de página, mas todo o processamento de busca e transferência da informação, inclusive pela rede, ainda é suficiente para inviabilizar ambos componentes a partir de certa quantidade de informação.

Figura 76. Resultado de teste de desempenho do componente de paginação.

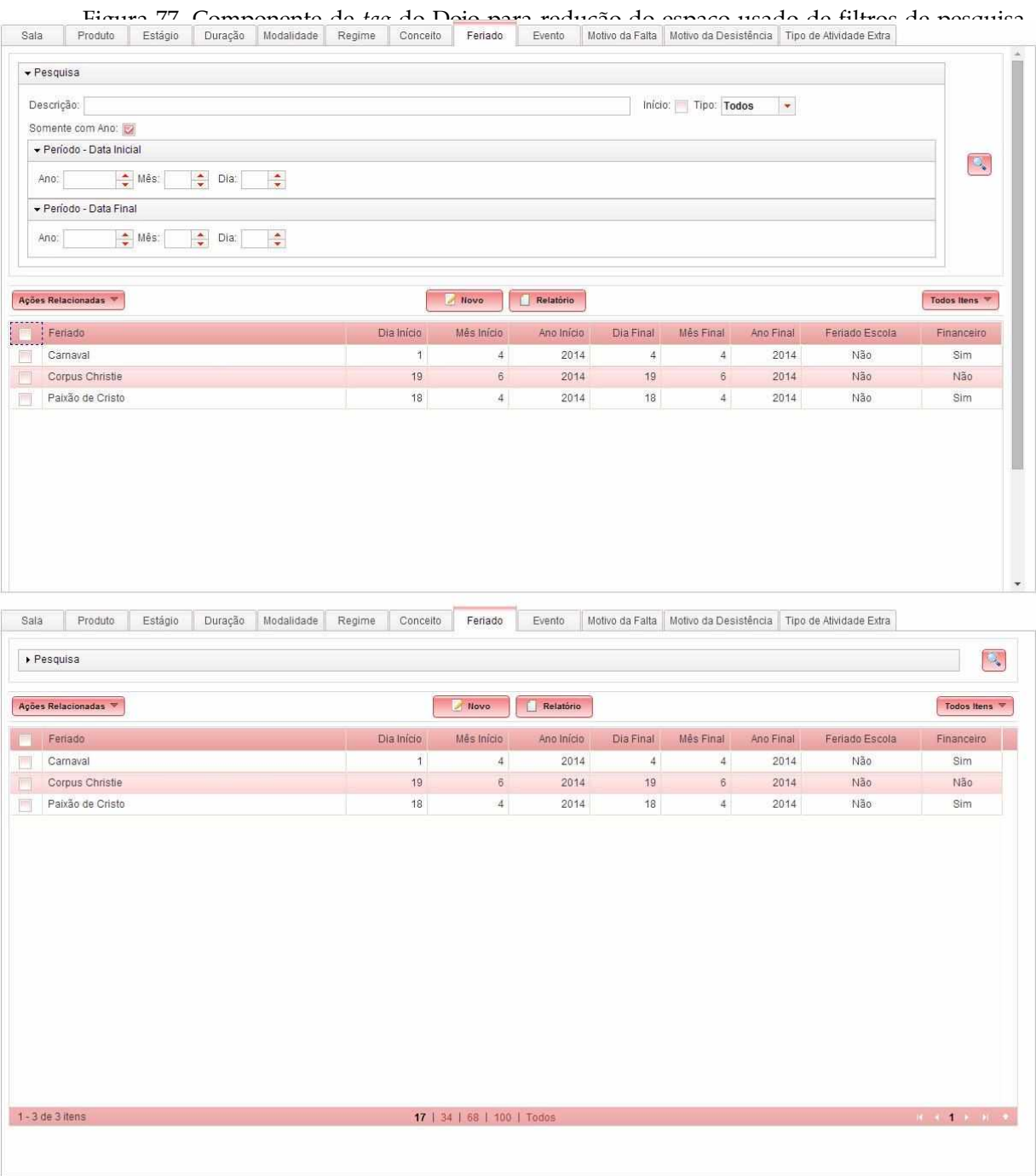


Fonte: (Elaborada pelo autor)

Os componentes gráficos de paginação por demanda oferecem uma melhor solução quando se trata de desempenho, mas possui a desvantagem de maior dificuldade de implementação. Além disso, realizam um maior número de requisições de rede e de banco quando o usuário pagina a grade. Assim como os outros componentes gráficos de paginação, requerem maior espaço na tela para disponibilização de campos de pesquisa e ordenação dos resultados de pesquisa.

Ainda é possível reduzir os espaços de campos de pesquisa dos componentes de paginação. A

Figura 77 mostra que é possível reduzir o espaço usado pelos filtros de pesquisa com o componente de tags *dijit.TitlePane*. No exemplo desta figura, os filtros de pesquisa da tela de feriados foram reduzidos para dar espaço para a grade de resultado da pesquisa.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

O componente gráfico de hierarquia (vide exemplo na Figura 54) oferece uma busca visual das informações disponibilizadas ao usuário, que possibilita a divisão das tarefas do usuário em cada nível da árvore. A busca é bastante eficiente, pois reduz, em partes, as informações a cada decisão na árvore ou, no caso do componente visual do Dojo, a cada expansão na escolha do usuário. Entretanto, o componente do Dojo

para gráfico em hierarquia não faz a pesquisa por demanda e também não possui *plugin* para paginação, assim como o componente de gráfico por paginação. Isso torna esse componente inviável para grandes quantidades de informações, como pesquisa e disponibilização acima de duzentos mil registros do banco de dados. Caso seja necessário, a implementação de um componente de paginação sob demanda é necessária, para que não haja limitação de tráfego e renderização de registros.

5.2.7.2 Análise Geral das Novas Técnicas de VI

As análises na proposta de incorporação de cada técnica no dicionário realizadas nos tópicos anteriores mostram que é possível verificar a sua eficiência enquanto técnica de VI e técnica de interação com o usuário, a partir do conceito de “Tarefa do Usuário”.

A visualização requer algumas operações no percurso na busca como relações comparativas e associativas, principalmente as tarefas “Filtrar”, “Selecionar”, “Conectar” e “Reconfigurar” de Yi et al. (2007), que foram as mais usadas neste trabalho. Nas técnicas de visualização, elas ocorrem quando há uma cognição por parte do usuário no uso do atributo visual. Existem tarefas com maior peso de complexidade cognitiva que outras. Por exemplo, comparações de atributos de cor, símbolo, etc.. Em ambos os casos, essas comparações não influenciam na complexidade cognitiva. Na técnica de calendário, o fato da associação da cor do agendamento ou horário com a legenda não possui grande influência na complexidade, mas a possibilidade de separar um conjunto de objetos de outros a partir da associação imediata com a cor é que influencia na complexidade de forma efetiva. A tarefa do usuário de “Conectar” com a legenda para visualizar como os dados são relacionados é imediata, enquanto processo cognitivo. O grande facilitador na eficácia da técnica é a tarefa do usuário de “Filtrar” capaz de diminuir o conjunto de dados a serem visualizados.

Um mesmo problema pode ter mais de uma solução que reduz o problema a diferentes complexidades cognitivas, no processo de visualização. Por exemplo, a

análise realizada no tópico **5.2.1 Técnica de Lista de Dados (Lista Simples)** que compara as técnicas de lista ordenada e desordenada, disponibilizam as mesmas informações, mas com complexidades cognitivas diferentes, assim como os dicionários de técnicas de VI que serão analisados na seção **4.3 Análise de Complexidade Cognitiva do Dicionário de Técnicas de VI** que realiza a análise comparativa do dicionário de *Treemap* com relação ao dicionário da Tabela Periódica de VI.

Uma técnica de Visualização da Informação pode ser mais adequada que outra, dependendo dos objetivos a serem alcançados. Os objetivos podem estar relacionados com a disponibilização de determinados dados de visualização. Por exemplo, quando é preciso organizar as informações de maneira em que seja fácil e rápido encontrar os dados, pode-se utilizar uma visualização da informação que possua estrutura ordenável, hierárquica ou em grafos. Isto pode possibilitar uma análise particular desta visualização.

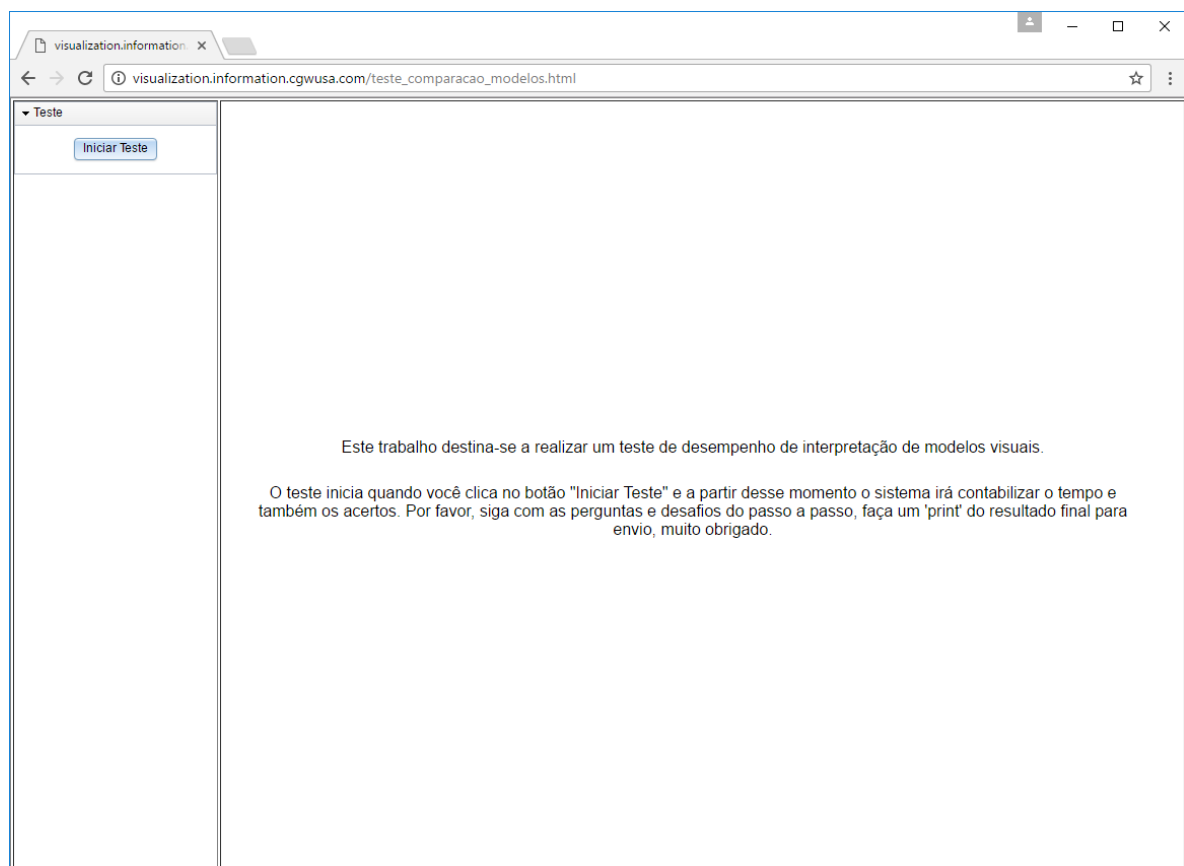
A análise do desempenho das técnicas de visualização é feita no item **5.2.7.1 Análise Específica de Desempenho dos Componentes** dessa tese e a análise do desempenho dos dicionários de VI na seção **4.3.2 Análise de Resultados de Testes**. Dessa forma, testes foram realizados para verificar se algumas técnicas, como a *Treemap* garante maior agilidade e facilidade na busca da informação com relação a outras técnicas utilizadas pela Visualização da Informação, como a Tabela Periódica de VI.

O que define a complexidade cognitiva exigida pelo usuário e, portanto, a eficiência da técnica de Visualização da Informação são os atributos e estruturas visuais que possibilitam a busca com tarefas de usuário em menor ou maior quantidade, exigindo o usuário a realizar associações que podem influenciar no tempo de busca dessa informação. Estas associações são capazes de separar as informações e o ajudar a encontrar os dados de forma mais rápida ou podem exigir ao usuário realizar diversas combinações visuais para encontrar os dados de interesse.

Com o intuito de comprovar que esta análise das técnicas de VI está correta, um sistema de “Quiz” de perguntas e respostas foi criado nesta tese para testar o tempo requerido ao usuário para buscar a informação nestas técnicas analisadas, assim como foi construído um “Quiz” para comparar os dicionários de VI.

O processo do *Quiz* se inicializa com um texto introdutório explicando ao usuário que o tempo será contabilizado para que ele foque na atividade de teste e não se envolva com outras atividades durante mesmo, ilustrado na Figura 78.

Figura 78. Tela inicial do *Quiz*.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Ao iniciar o teste, o usuário responde a várias perguntas de forma sequencial para contabilização do tempo, para medir a eficiência de cada técnica testado e para contabilização dos acertos das perguntas, com a finalidade de mensurar a eficácia das mesmas técnicas individualmente, como mostrado na Figura 79.

Figura 79. Tela de perguntas do *Quiz*.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

O final deste *Quiz* é composto pelo resumo da contabilização das perguntas e respostas representadas pela tela de resultado final do processo, mostrada na Figura 80. Esse resumo contém:

- **Número:** Número da pergunta que foi realizada de forma sequencial;
- **Questão:** Pergunta lançada ao usuário, para que ele busque a informação correspondente a esta pergunta, na técnica correspondente a ela;
- **Resposta:** Resposta do usuário para a pergunta com referência à busca que ele fez na correspondente técnica;
- **Resposta Esperada:** Resposta esperada, correta, correspondente à respectiva pergunta;
- **Tempo de Resposta:** Tempo em milissegundos que o usuário gastou para responder a pergunta, sem a contabilização do tempo de processamento do sistema para mostrar a próxima pergunta; e
- **Complexidade:** Nível de dificuldade das tarefas do usuário classificadas como médio, alta ou baixa, conforme visto no tópico 5.1.2 *Mudanças Evolutivas no Dicionário Treemap*.

Figura 80. Tela de respostas do Quiz de Técnicas de VI

Resultado do Teste						
Número	Questão	Resposta	Resposta Esperada	Resultado	Tempo de Resposta	Complexidade
1	O número 33 está na lista?	Falso	Falso	Correto	19883	alta
2	O número 121 está na lista?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	5982	baixa
3	Existe uma usina com nome 'Barcelona 2' e com 4 modelos?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	10648	média
4	Existe uma subestação com nome 'Baguari 2' e com 0 modelos?	Falso	Falso	Correto	21921	alta
5	Existe algum aluno que tirou entre de 6,9 e 7,2 e é 'Regular'?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	22939	alta
6	Existe algum aluno que tirou abaixo de 5,5 e é 'Regular'?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	11608	baixa
7	Existe algum relacionamento entre a entidade 'A' e 'D'?	Falso	Falso	Correto	10563	alta
8	Existe algum relacionamento entre a entidade 'A' e 'B'?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	5569	média
9	O menor caminho entre '0' e '6' passa por '10'?	Falso	Falso	Correto	32098	média
10	O menor caminho entre '0' e '6' passa por '1'?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	76635	alta
11	A nota do Tarcísio no 3º Momento, Avaliação 2 é 8,5?	Falso	Falso	Correto	30163	alta
12	A nota da Maria da Silva no 3º Momento, Avaliação 2 é 4?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	14440	média
13	Existe somente um horário 'Ocupado pela Turma' no dia 'Segunda' das 12:45 as 14:30?	Falso	Falso	Correto	38896	alta
14	Existe um horário no dia 'Quarta' com a situação 'Ocupado pela Turma' das 09:20 as 10:15?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	17119	média
15	Existe um horário com situação 'Ocupado pela Sala' no dia 'Quinta' das 10:50 as 12:00?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	11735	baixa
16	O produto que possui maior rentabilidade 'SFaturamento' é o 'Inglês', 'Focus on Fisk Final'?	Falso	Falso	Correto	26444	baixa
17	O produto que possui maior rentabilidade 'SFaturamento' é o 'Spreading Wings'?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	11879	média
18	O segundo produto que possui maior quantidade de 'Aluno' é 'Essentials 1' em 'Inglês'?	Verdadeiro	Verdadeiro	Correto	21708	média
19	O segundo produto que possui maior quantidade de 'Aluno' é 'Speed 2'?	Falso	Falso	Correto	11216	baixa
20	O menor caminho entre os pontos '1' e '117' passando por '51' passam por '22', '87' e '119'?	Falso	Falso	Correto	67463	média
Obrigado pela cooperação.						

Fonte: (Elaborada pelo autor)

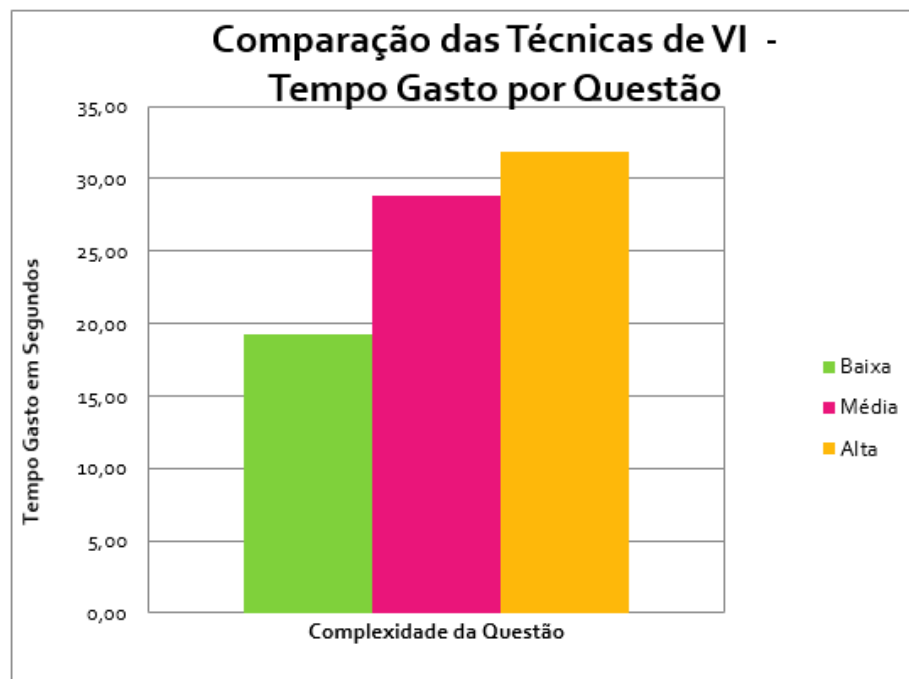
O Quiz de Técnicas de VI foi realizado com cento e vinte cinco voluntários, sendo a grande maioria formados na área de Ciência da Computação ou cursando cursos de Engenharia. Foram analisadas um total de 2500 respostas destes usuários. A média dos tempos gastos para cada um conjunto de atividades classificadas com a mesma complexidade cognitiva é apresentada no gráfico de colunas da

Figura 81.

A complexidade cognitiva utilizada para classificar os testes são as mesmas utilizadas para categorizar as técnicas de VI na evolução do dicionário da Treemap de VI, conforme apresentado na seção 5.1.2 *Mudanças Evolutivas no Dicionário Treemap de VI*.

Observe que os menores tempos de resposta foram das questões classificadas com a complexidade cognitiva baixa e os maiores tempos de resposta foram das questões classificadas como médias e altas, respectivamente. Isso se deve ao esforço cognitivo visual nas tarefas do usuário para interpretar cada técnica de VI, para resolver os problemas propostos.

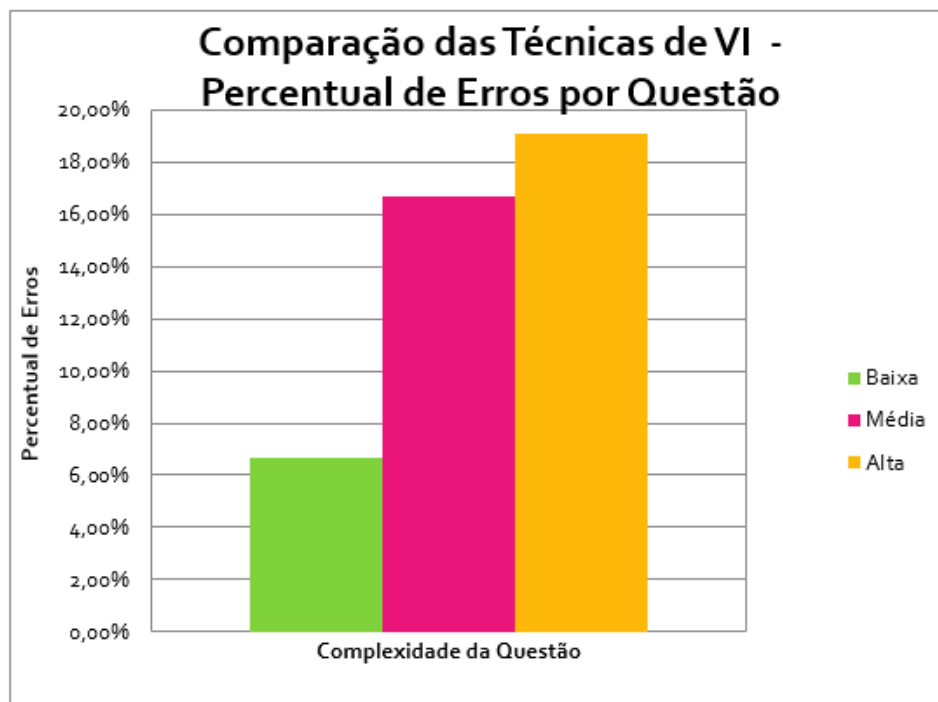
Figura 81. Análise comparativa do tempo por complexidade cognitiva das questões.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Com base na análise do gráfico da Figura 82, as questões classificadas com complexidade baixa também obtiveram menores porcentagens de erros. Apesar de não haver ganho expressivo da média de tempo e erros das técnicas com complexidade média para alta, as de baixa complexidade cognitiva demonstraram resultados expressivos. Isto leva ao raciocínio que é preciso que as técnicas reduzam as tarefas do usuário em mais da metade em cada escolha do usuário.

Figura 82. Análise comparativa dos erros por complexidade cognitiva das questões.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

O gráfico de colunas representado pela Figura 82 é resultado da análise comparativa dos erros por complexidade cognitiva das questões. Observe que houve menos erros nas técnicas classificadas como baixa complexidade cognitiva e as que tiveram mais quantidades de erros foram as classificadas como média ou alta. Isto era esperado pela proposta e evidencia que quase sempre as técnicas com maior complexidade cognitiva exigem maior número de tarefas do usuário e, portanto, são passíveis também de erros de interpretação e conclusões finais, comprometendo também a sua qualidade visual. Esta qualidade depende dos atributos visuais escolhidos e da disposição dos objetos na tela.

Logo, para mensurar a eficiência e eficácia da técnica de VI é preciso verificar não só se o processo de busca da informação ocorre com rapidez, mas se existe qualidade para se encontrar os dados desejados em espaço de tela apropriado.

Discussão e Conclusões

Com base na estratégia de aplicação da *Treemap* como dicionário de VI, sua implementação, testes comparativos com outros dicionários, principalmente o dicionário da tabela periódica de VI, nas análises de resultados de testes comparativos, este capítulo apresenta as discussões finais e conclusões a respeito dos resultados obtidos. Serão aqui focadas, as conclusões da evolução do dicionário proposto, das mudanças e adaptações organizacionais, da implementação, análise e testes dos componentes incorporados ao novo dicionário.

6.2 Usabilidade e Desempenho na Visualização da Informação

Os atributos visuais possibilitam a identificação e a busca de informações através da estrutura organizacional das técnicas de visualização. Uma análise ingênua das necessidades da Visualização da Informação pode criar arquitetura, ou disponibilizar componentes, com desempenho não adequado, degradação da performance desejada pela aplicação ou navegação não usual na interface gráfica.

Para encontrar o componente mais adequado à necessidade do negócio e para encontrar a melhor eficiência na navegação do usuário, é necessário conhecer as diferenças entre os diversos componentes gráficos disponíveis para desenvolvimento e, se possível, evoluí-los e até criar novos, quando não existentes. Mas para isso é

preciso realizar uma análise correta do desempenho e qualidade gráfica do componente perante as reais necessidades da Visualização da Informação.

As facilidades nas interações do sistema com o usuário devem ser elaboradas a partir da usabilidade dos componentes gráficos para agilizar os processos que garantem as suas necessidades de negócio. Estes devem possuir uma forma de organização da informação capaz de fornecer atalhos cognitivos e mecânicos durante a leitura das informações feita pelos usuários.

O dicionário apresentado neste trabalho de visualização de informações, baseado na estrutura lógica da técnica *Treemap*, foi inspirada no dicionário proposto da Tabela Periódica de VI, selecionado como principal trabalho correlato a ele. Os resultados dos testes comparativos dos dois dicionários apontam que a estrutura da inovadora estratégia permitiu uma busca mais rápida, interativa e de fácil manipulação, para realizar a pesquisa das técnicas mais adequadas na solução dos problemas de Visualização da Informação.

Alguns atributos visuais são mais perceptíveis que outros. Assim, é possível determinar a complexidade cognitiva através das tarefas do usuário, tanto dos dicionários de técnicas de VI quanto das técnicas de visualização de informação, a partir dos atributos visuais utilizados por elas. O método de análise das tarefas do usuário possibilita antecipar problemas de desempenho e expressividade na escolha da técnica mais adequada para Visualização da Informação antes da sua implementação, ou seja, durante a sua análise. Isso reduz transtornos de implementação indesejáveis e mudanças drásticas de interfaces gráficas.

Por outro lado, de acordo com os experimentos realizados, pode-se observar que o dicionário de visualização baseado em *TreeMap* possui maior eficácia e expressividade que o dicionário direcionado pela Tabela Periódica de VI, considerando os atributos de grupo e cor. Além disso, os resultados dos experimentos mostram que o método de análise de complexidade cognitiva a partir das tarefas do usuário pode ser aplicado na Visualização da Informação, para comparação entre técnicas e dicionários de VI.

O dicionário *Treemap* de VI possui os atributos de posição e tamanho que foram avaliados com bons resultados de capacidade de abstração e distinção de percepção humana. O atributo visual através de símbolo, que o dicionário da Tabela Periódica de VI propõe, teve piores resultados em relação aos outros atributos, pois os usuários confundem muito os símbolos na busca pela informação.

Os resultados dos testes realizados pelo *Quiz* para mensurar a eficiência e eficácia das técnicas de VI analisadas neste trabalho, bem como os realizados pelo outro *Quiz* para mensurar a eficiência e eficácia na busca de técnicas a partir do próprio dicionário de VI, apresentado nesta tese, comprovaram respectivamente as hipóteses que o dicionário proposto neste trabalho é mais eficaz e eficiente que o dicionário da Tabela Periódica de VI e que existem algumas técnicas mais eficientes e eficazes que outras.

Os resultados mostraram também que, através das tarefas do usuário, ambos dicionários (*Treemap* de VI e Tabela Periódica de VI) possibilitam uma análise comparativa entre as técnicas de VI praticamente em todas as interações com o usuário. Mas por outro lado, comprovou-se a concepção da estratégia de *Treemap* de VI como expansível, possibilitando o crescimento vertical e horizontal promovendo uma evolução da estratégia sem perdas de desempenho e usabilidade.

Tomando como base os testes práticos realizados pelos *Quiz* e as análises realizadas pelas tarefas do usuário, conclui-se que de acordo com todas as características obtidas através de análise comparativa, a estratégia elaborada permite que os usuários tenham facilidade de compreender e buscar as representações e informações, expressadas pelo dicionário de VI aplicado em forma de *TreeMap*.

6.2 Evolução da *Treemap* de VI

Houve a comprovação evolutiva do dicionário *Treemap* de VI, por um lado, na vertical com inclusão de novos princípios organizacionais que possibilitam a busca das técnicas através de outros atributos visuais e, por outro lado, na horizontal com a adição de uma diversidade de técnicas de VI. Na vertical, há um crescimento

extensível, pois com a criação de novos princípios organizacionais é possível expandir o crescimento das técnicas sem a perda de qualidade durante suas buscas.

Ao incluir uma nova técnica de VI no dicionário, verificou-se que é preciso classificá-la segundo os princípios organizacionais para que seja possível buscá-la através dos interesses do usuário. Desta forma, comprovou-se que o dicionário possui uma arquitetura mutável e oferece crescimento de acordo com as necessidades técnicas e históricas dos usuários e de suas experiências. É possível evoluir o dicionário também, de forma especialista, por exemplo, criar um dicionário somente para armazenar técnicas de VI de uma terminada área de concentração como Inteligência Artificial, Engenharia de Software, Realidade Aumentada ou, até mesmo, criar um filtro de interesse para ela, assim como foi feito com os demais filtros de pesquisa.

O ganho evolutivo do dicionário de VI é importante para haver uma colaboração múltipla de criação e adesão de novas técnicas à Treemap de VI, de forma que vários outros usuários possam pesquisar e adquirir novas soluções de VI para agregarem valor às suas apresentações visuais.

6.3 Contribuições

As principais contribuições desta tese são:

- (1) Criação de um dicionário de Visualização da Informação inovador, com melhor desempenho na busca da informação que os dicionários existentes.
- (2) Apresentação de uma análise comparativa de desempenhos de diferentes componentes gráficos para busca da informação, em forma de *Quiz*.
- (3) Uso do método de tarefas do usuário para análise de complexidade cognitiva para mensurar a eficiência dos dicionários e técnicas da Visualização da Informação.
- (4) Criação de uma arquitetura para sistemas Web que suporte a implementação dos componentes gráficos.

6.4 Trabalhos Futuros

Trabalhos futuros poderão ser desenvolvidos, com o intuito de melhorar e expandir os resultados encontrados, destacando-se:

- (1) Seleção de mais técnicas de interação para compor o dicionário de Visualização da Informação, já que a busca suporta a organização de um maior número de técnicas sem degradar o seu desempenho.
- (2) Reavaliar a estrutura organizacional da busca das técnicas de interação, utilizadas no dicionário.
- (3) Disponibilizar o dicionário de VI baseado em *Treemap* em um repositório de código aberto, para que possa ser modificado. Isto pode trazer contribuições da comunidade a este trabalho. A disponibilização do código fonte e executável pode amplificar ainda a quantidade de voluntários a realizar os testes dos *Quizzes*, além de trazer propostas de novas técnicas de VI para o dicionário.
- (4) Verificar se é possível atualizar os *frameworks* de terceiros utilizados na arquitetura para as versões mais atuais.
- (5) Automação da captura das respostas e tratamento de dados para *Quiz* de outros assuntos e naturezas não relacionados a este trabalho.
- (6) Inclusão de dados dos participantes, como por exemplo, idade e gênero, para melhor análise dos resultados para diferentes públicos alvos que não se encontram no escopo do atual trabalho.
- (7) Criar um processo de portabilidade, para possibilitar a adesão do dicionário a outros, de forma a trocar técnicas de interação e de visualização da informação de forma colaborativa.

Referências

BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. **Interação humano-computador**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

BECKS, A.; SEELING, C. **A task-model for text corpus analysis in knowledge management**. In Proc. of UM-2001, 2001.

BRADLEY, N. **Marketing research. Tools & techniques**. Oxford: Oxford University Press, 2013.

BREHMER, M.; MUNZNER, T. **A Multi-Level Typology of Abstract Visualization Tasks**. in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, v. 19, n. 12, p. 2376-2385, 2013. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.124>

CAILLETEAU, L. **Interfaces for Visualizing Multi-Valued Attributes: Design and Implementation Using Starfield Displays**. Diplome d'Etudes Approfondies, Human-Computer Interactions Laboratory, University of Maryland and Ecole des Mines de Nantes, Nantes Cedex, France, 1999.

CARD, S. K.; J.D. MACKINLAY; SHNEIDERMAN, B.; CARD, M. **Readings in Information Visualization: Using Vision to Think**. Morgan Kaufman Series in Interactive Technologies, Academic Press, 1999. ISBN: 1-55860-533-9.

CARDOSO, A. Notas de aula. Disponível em: <<http://www.alexandre.eletrica.ufu.br/vi/notas.htm>>. Acessado em: nov. 2018.

CLEVELAND, W.S.; MCGILL, R. **Graphical perception: Theory, experimentation and application to the development of graphical methods**. In Journal of the American Statistical Association, v. 79, p. 531-554, 1984.
<https://doi.org/10.1080/01621459.1984.10478080>

DASTANI, M. **The role of visual perception in data visualization**. In Journal of Visual Languages and Computing, 2002, v. 13, n. 6, p. 601-622.
<https://doi.org/10.1006/jvlc.2002.0235>

D3.js Data-Driven Documents. Disponível em: <<https://d3js.org/>>. Acessado em: nov. 2018.

Dojo Toolkit. Disponível em: < <http://www.dojotoolkit.org/>>. Acessado em: nov. 2018.

DUARTE, G. **Dicionário de Administração e Negócios**. Fortaleza: KBR , 2011.

DULCLERCI, A. S.; TAVARES, J. M. R. S. **Introduction of Human Perception in Visualization**. In International Journal of Imaging, CESER Publications, v. 4, p. 60-70, 2010. ISSN: 0974-0627.

FEW, S. **Visual Business Intelligence**. 2007. Disponível em: <<https://www.perceptualedge.com/blog/?p=81>>. Acessado em: nov. 2018.

FIGUEIREDO, C. **Novo dicionário da Língua Portuguesa**. Lisboa: Livraria Editora Tavares Cardosos & irmão, v. 2, 1913.

FUJISHIRO, I.; FURUHATA, R.; ICHIKAWA, Y.; TAKESHIMA, Y. **A taxonomic approach to semi-automatic design of information visualization applications using modular visualization environment**. In J. D.Mackinlay, S. F. Roth, and D. A. Keim, editors, Proc. of IEEE InfoVis'00, p. 77-83. IEEE Computer Society, 2000. <https://doi.org/10.1109/INFVIS.2000.885093>

GÖRG, CARSTN; KANG, Y.; LIU, Z.; STASKO, J. **Visual Analytics Support for Intelligence Analysis**. In *Computer*. v. 46, p. 30-38, 2013. <https://doi.org/10.1109/MC.2013.76>

GEROIMENKO, V.; CHEN, C. **Visualizing Information Using SVG and X3D. XML-based Technologies for the XML-based Web**. Springer, Heidelberg, p. 129, 2005. Doi: 10.1007/b138564. <https://doi.org/10.1007/b138564>

GUPTA SOLO, A.M.; GUPTA, M.M. **Perspectives on Computational Perception and Cognition under Uncertainty**. In Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Technology. v. 1, p. 221-224, 2000. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2000.854134>

JQuery. Disponível em: <<http://jquery.com/>>. Acessado em: nov. 2018.

KALBACH, J. **Design de Navegação Web. Otimizando a experiência do usuário.** Porto Alegre: Bookman, 2009.

KEIM, D. A. **Information Visualization and Visual Data Mining.** In IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. v. 8, p. 1-8, 2002. doi: 10.1109/2945.981847. <https://doi.org/10.1109/2945.981847>

KURTZ, J. **ASP.NET MVC 4 and the Web API, Building a REST Service from Start to Finish.** New York: Apress, 2013. ISBN 9781430249771. <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4978-8>

LENGLER, Ralph; EPPLER, Martin. **Towards A Periodic Table of Visualization Methods for Management.** GVE 2007, Proceedings of the IASTED International Conference on Graphics and Visualization in Engineering, 2007.

LESLIE ORCHARD, M.; PEHLIVANIAN, A.; KOON, S.; JONES H. **Professional JavaScript Frameworks Prototype, YUI, Ext JS, Dojo and MooTools.** Indianapolis: Wiley Publishing, 2009. ISBN 978-0470452028.

MATHEW RUSSELL, A. **Dojo: The Definitive Guide,** Cambridge: O'Reilly Media, 2008. ISBN 978-0596516482.

HEALEY, C.G. **Building a Perceptual Visualisation Architecture**. Behaviour & Information Technology. v. 19, n. 5, p. 349-366, 2000. <https://doi.org/10.1080/0144929007500000054>

HERMAN, I.; MELANÇON, G.; MARSHALL, M. S. **Graph Visualization and Navigation in Information Visualization: A Survey**. In IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. v. 6., p. 24-43, 2000. <https://doi.org/10.1109/2945.841119>

MARTINS, J. C. C. **Técnicas para Gerenciamento de Projetos de Software**. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

MATSUI, K.; YAMANOUCHI, M.; SUNAHARA, H. **A Proposal of Framework for Information Visualization in Developing of Web Application**. In IEEE/IPSJ 11th International Symposium on Applications and the Internet (SAINT), p 457-462, 2011. <https://doi.org/10.1109/SAINT.2011.85>

MILLER, J. D. **Big Data Visualization**. Birmingham: Parckt Publishing, 2017.

OLIVEIRA, M. C. F; LEVKOWITZ, H. **From Visual Data Exploration to Visual Data Mining: A Survey**. In IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. v. 9, n. 3., p. 378-394, 2003. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2003.1207445>

PRADO, P. R.; CARDOSO, A.; LIMA, G. F. M.; LAMOUNIER, E. J. **A Virtual Reality Based Approach to Improve Human Performance and to Minimize Safety Risks**

When Operating Power Electric Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing. ORLANDO, FL: Springer International Publishing, ed. 3, v. 01, p. 171-182, 2017.

PILLAT, R. M.; VALIATI, E. R.; FREITAS, C. M. D. S. **Experimental study on evaluation of multidimensional information visualization techniques.** In Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction. ACM New York, NY, USA. p 20-30, 2005. <https://doi.org/10.1145/1111360.1111363>

PUNTAMBEKAR, A. **Design And Analysis Of Algorithms.** Technical Publications, Índia: Technical Publications Pune, p. 1-27, 2010. ISBN: 9788184317787.

PRESSMAN, R. S; MAXIM, B. R. **Engenharia de Software. Uma abordagem profissional.** Porto Alegre:AMGH Editora Ltda, 2016.

PRIBEANU, C.; VANDERDONCKT, J. **A Methodological Approach to Taskbased Design of User Interfaces.** Studies in Informatics and Control, 11(2), 2002, p. 145-158.

ReThinking Visualization. Disponível em: <<http://www.rethinkingvis.com>>. Acessado em: nov. 2018.

ROBERTO, R.; FREITAS, D.; SIMÕES, F.; TEICHRIEB, V. **A Dynamic Blocks Platform Based on Projective Augmented Reality and Tangible Interfaces for Educational Activities.** In XV Symposium on Virtual and Augmented Reality. Cuiabá, p. 1-9, 2013. <https://doi.org/10.1109/SVR.2013.11>

SEDKAOUI, S. **Data Analytics and Big Data**. London: ISTLE, pp.68, 2018.

SCHULZ, H.-J.; NOCKE, T.; HEITLER, M.; SCHUMANN, H. **A Design Space of Visualization Tasks**. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, vol.19, no.12, pp.2366-2375, 2013.

SCHATTSCHNEIDER, D.; WALLACE, W. M. C. **Escher Kaleidocycles**. Petaluma, CA: Pomegranate Artbooks, 1987; 2005. Taschen America, 2015.
<https://doi.org/10.1007/3-540-28849-X>

SCHATTSCHNEIDER, D.; MICHELE E, eds. **M. C. Escher's Legacy: A Centennial Celebration**. Heidelberg and New York: Springer-Verlag, 2003.

Sencha. Disponível em: <<http://www.sencha.com/>>. Acessado em: nov. 2018.

SHNEIDERMAN, B. **The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations**. In IEEE Symposium on Visual Languages. p. 336-343, 1996.

SILVEIRA, P.; SILVEIRA, G.; LOPES, S.; MORERIRA, G.; STEPPAT, N.; KUNG, F. **Introdução à arquitetura e design de software: uma visão sobre a plataforma java**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

STOLTE, C.; TANG, D.; HANRAHAN, P. **Multiscale Visualization Using Data Cubes**. In IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. IEEE Educational Activities Department Piscataway, NJ, USA. v. 9, p. 176-187, 2003. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2003.1196005>

TEIXEIRA, A.; QUEIRÓS, A.; ROCHA, N. P. **Laboratório Vivo de Usabilidade**. São Paulo: ARC Publishing, 2013.

Treemap Flex. Disponível em: <<http://flextoolbox.com/documentation/treemap/2/com/flextoolbox/controls/TreeMap.html>>. Acessado em: ago. 2013.

Treemap Java Api. Disponível em: <<http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/TreeMap.html>>. Acessado em: nov. 2018.

Treemap .Net Api. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa990118%28v=VS.80%29.aspx>>. Acessado em: ago. 2013.

treevis.net - A Visual Bibliography of Tree Visualization 2.0 by Hans-Jörg Schulz. Disponível em <<http://treevis.net/>>. Acessado em: nov. 2018.

Visual Illusions, Impossible Word. Disponível em <<http://impossible.info/english/articles/principles/principles.html>>. Acessado em: nov. 2018.

YI, J. S. et al. **Toward a Deeper Understanding of the Role of Interaction in Information Visualization.** In: IEEE SYMPOSIUM ON INFORMATION VISUALIZATION, INFOVIS, 2007. Proceedings... [S.I.]: IEEE, p. 1224-1231, 2007.

WARE, Colin. **Information Visualization - Perception for Design.** San Francisco: Morgan Kaufmann. ed. 3, Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WAZLAWICK, R. S. **Engenharia de Software. Conceitos e Práticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WINCKLER, M. A.; PALANQUE, P.; FREITAS, C. M. D. S. **Tasks and scenario-based evaluation of information visualization techniques.** In Proceedings of the 3rd annual conference on Task models and diagrams. p. 165-172, 2004.
<https://doi.org/10.1145/1045446.1045475>

Anexo 1

Conceitos de Arquitetura de Sistema

Antes mesmo de escolher as técnicas de representação gráfica, é preciso elaborar uma base que suporte a implementação, integração e organização destas técnicas no mesmo sistema. Durante a elaboração de um sistema, através de sínteses e esboços conceituais dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema é possível eleger uma arquitetura candidata. Segundo Wazlawick (2013), entende-se por arquitetura candidata o esboço inicial da arquitetura que será refinada durante a construção do sistema:

Na fase de concepção poderá ser feita a *síntese arquitetural*, que é uma prova de conceito de que a arquitetura é viável. No início da elaboração será, então, definida uma arquitetura candidata inicial, possivelmente baseada nesta prova de conceito. Nas iterações subsequentes, a ênfase mudará para a adição ou o refinamento de funcionalidades sobre a arquitetura, que vai se estabilizando até a fase de construção. (WAZLAWICK, 2013).

O objetivo da arquitetura de um software é fornecer uma estrutura onde estão inseridos todos os componentes do sistema. Ao estabelecer uma arquitetura, são identificados os vários elementos que compõe o software, sendo que estes geralmente são organizados em pacotes ou subsistemas, cada um com um ou mais componentes. A arquitetura em camadas presume que o software é dividido em camadas com funções específicas entre elas. Estas funções são empacotadas em subsistemas e encapsuladas na arquitetura para se comunicar com outros subsistemas.

O empacotamento e encapsulamento dos subsistemas permite alta coesão entre as classes contidas num mesmo subsistema e alto acoplamento entre os subsistemas. Além disso, previne problemas com referências circulares entre eles e facilita o reuso na arquitetura, na inclusão ou remoção de subsistemas, uma vez que as dependências

entre eles são feitas pelas suas interfaces públicas. Martins (2007) define coesão como o grau de relação entre os componentes:

A coesão é uma das diretrizes mais importantes na definição dos componentes e implica que um componente ou classe deve encapsular somente os atributos e operações mais relacionados entre si, e com a classe ou componente propriamente dito. (MARTINS, 2007, p. 24)

O acoplamento consiste no grau de conectividade entre os componentes. Os dois conceitos são suficientes para criação de padrões arquiteturais, como encapsulamento e acoplamento de subsistemas:

A medida do grau de conectividade entre as classes e componentes é chamada de acoplamento. Reduzir o acoplamento entre classes e componentes é outro importante objetivo do projeto, que ajuda a facilitar o desenvolvimento e manutenção do software. (MARTINS, 2007, p. 24)

Os padrões arquiteturais são essenciais para garantir uma série de benefícios como portabilidade, interoperabilidade, reusabilidade e manutenibilidade. Eles buscam oferecer uma estrutura ideal para o desenvolvimento de software. Os sistemas atuais são distribuídos em computadores remotos e ao desenvolver este tipo de sistema é preciso manter seu acoplamento e funcionamento, buscando sempre a qualidade e segurança destes elementos computacionais.

Um exemplo de um subsistema que pode ser encapsulado na arquitetura consiste nos testes de unidade. Entende-se por teste de unidade, o teste automatizado numa unidade de código desenvolvido, de forma atômica e independente do restante do código:

Um teste deve garantir que a execução daquele trecho mínimo de código esteja correto. (SILVEIRA, P.; SILVEIRA, G.; LOPES; MOREIRA; STEPPAT; KUNG, 2012, p. 120)

Na arquitetura, os testes de unidade podem testar as funcionalidades de cada um dos componentes, bem como realizar um teste de desempenho, stress ou

integração com outro componente. Além disso, ele pode indicar a falta de acoplamento e coesão nos subsistemas da arquitetura:

Uma vantagem dos testes de unidade sobre outros tipos é que, além de garantir que antigos bugs não se repitam no futuro, eles dão feedback sobre o acoplamento e coesão do código. (SILVEIRA, P.; SILVEIRA, G.; LOPES; MOREIRA; STEPPAT; KUNG, 2012, p. 120).

Dos testes de unidade, se destacam os testes de desempenho, para verificar qual o tempo que o componente suporta diante de uma carga de informações do mundo real. Quando se trata de uma aplicação WEB, o teste de desempenho deve considerar um conjunto de variáveis como tempo de rede, tempo para processar regras de negócio, tempo de busca no banco de dados, tempo de integração com o protocolo HTTP e demais protocolos, etc.:

Teste de desempenho são projetados para simular situações de carga no mundo real. Na medida em que cresce o número de usuários simultâneos da WebApp, ou o número de transações online aumenta, ou a quantidade de dados (download ou upload) aumenta, o teste de desempenho ajudará (...) que componentes do sistema são responsáveis pela degradação do desempenho. (...) (PRESSMAN, 2016, p. 485)

Segundo Martins, a arquitetura chamada “3 Camadas” é mais utilizada atualmente no desenvolvimento de software. Ela representa uma evolução da arquitetura cliente-servidor, pois nela a camada de negócio fica separada da camada cliente e da camada servidora. A arquitetura 3 Camadas é a mais viável quando se trata de sistemas atuais e que usam Internet. As regras de sistemas são regras funcionais típicas da camada cliente e da camada de banco de dados, enquanto as regras de negócio são provenientes das funcionalidades sintetizados a partir dos processos de negócio mapeados no sistema.

Anexo 2

Arquitetura do Sistema WEB

Componentes WEB de alta performance exigem suporte de uma arquitetura capaz de acoplá-los sem perda do seu desempenho proposto. A integração destes componentes, que podem ser de diferentes frameworks também exige uma arquitetura que os organize de forma a permitir a sua fácil integração. Este capítulo propõe e mostra o desenvolvimento de uma arquitetura capaz de integrar componentes WEB de alto desempenho.

A definição de arquitetura utilizado nesta tese baseia-se nos conceitos apresentados no Anexo 1.

Proposta Arquitetural

A arquitetura candidata para atender as necessidades dos componentes WEB com alta performance deve possuir suportabilidade de paginação sob demanda. Além disso, deve apresentar uma facilidade de desenvolvimento da paginação sob demanda para recebimento dos parâmetros de número da página, de ordenação da coluna e quantidade de itens por página do protocolo HTTP e aplica-los na consulta da busca da informação no banco de dados.

A arquitetura candidata também deve suportar o acoplamento de componentes e subsistemas para que seja fácil substituir um framework por outro nas mudanças evolutivas dos sistemas que usam esta arquitetura. Por exemplo, deve ser possível mudar, de maneira fácil, um framework Dojo da versão 1.8.0 para 2.0.0 ou mudar o framework Dojo para o framework JQuery. Isso garante facilidade na evolução dos componentes e também a evolução arquitetural. O acoplamento também possibilita o uso de componentes de frameworks diferentes no mesmo sistema.

A arquitetura em camadas usando ASP.NET API e MVC possibilita o fácil acoplamento de componentes e subsistemas e, ainda, possui integração bastante funcional com o protocolo HTTP, provendo funcionalidades em forma de serviços WEB. O Entity Framework da Microsoft possibilita a pesquisa dos parâmetros de pesquisa sob demanda, com fácil implementação e garante a performance da busca no banco de dados. Além disto, este framework garante a fácil integração do paradigma orientado a objetos com o paradigma relacional. Outro framework candidato para acesso ao banco de dados poderia ser o Hibernate do Java. A arquitetura proposta privilegia a integração dos frameworks da Microsoft .NET para garantir o fácil desenvolvimento do sistema como um todo.

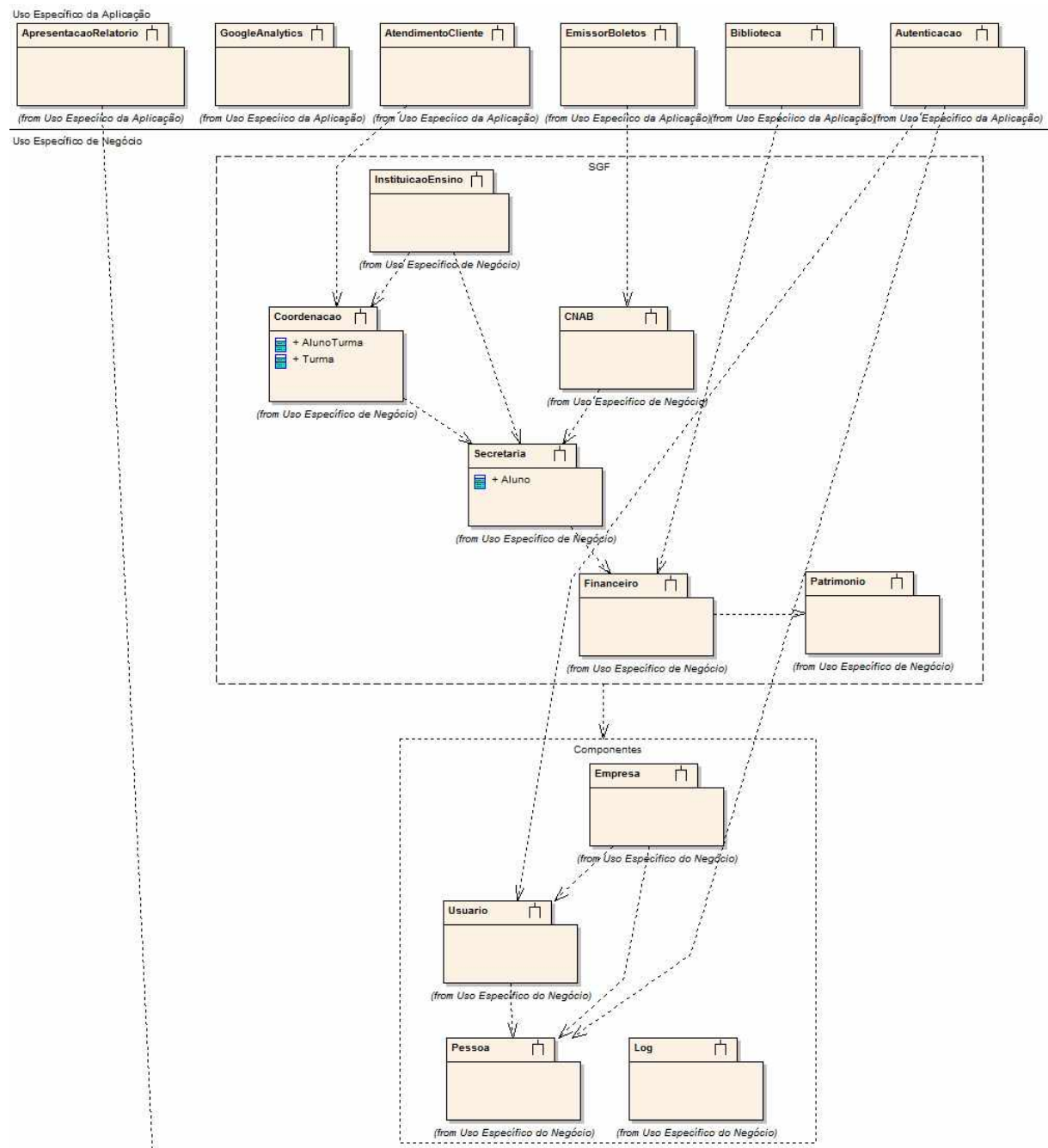
Componentes WEB de alta performance podem ser utilizados em sistemas de pequeno a grande portes, mas são mais requeridos em sistemas que possuem grandes quantidades de informações a serem buscadas para visualização. A arquitetura em camadas ajuda na organização dos subsistemas, as dependências entre eles e, portanto, dos seus acessos. A arquitetura proposta nesta tese divide os subsistemas nas camadas:

- **Uso Específico da Aplicação:** Nesta camada se encontram os subsistemas que fazem uso específico da aplicação, que possuem particularidades da aplicação para acesso às regras de negócio da camada de uso específico do negócio;
- **Uso Específico do Negócio:** Esta camada contém os subsistemas que tratam as regras de negócio do sistema;
- **Middleware:** Camada mediadora da arquitetura para melhor distribuir os subsistemas;
- **Infra-Estrutura:** Camada composta pelos subsistemas de infra-estrutura e utilidades genéricas do sistema; e
- **Sistema:** Camada composta pelos frameworks e bibliotecas utilizados pelo sistema.

Elaboração da Arquitetura Proposta

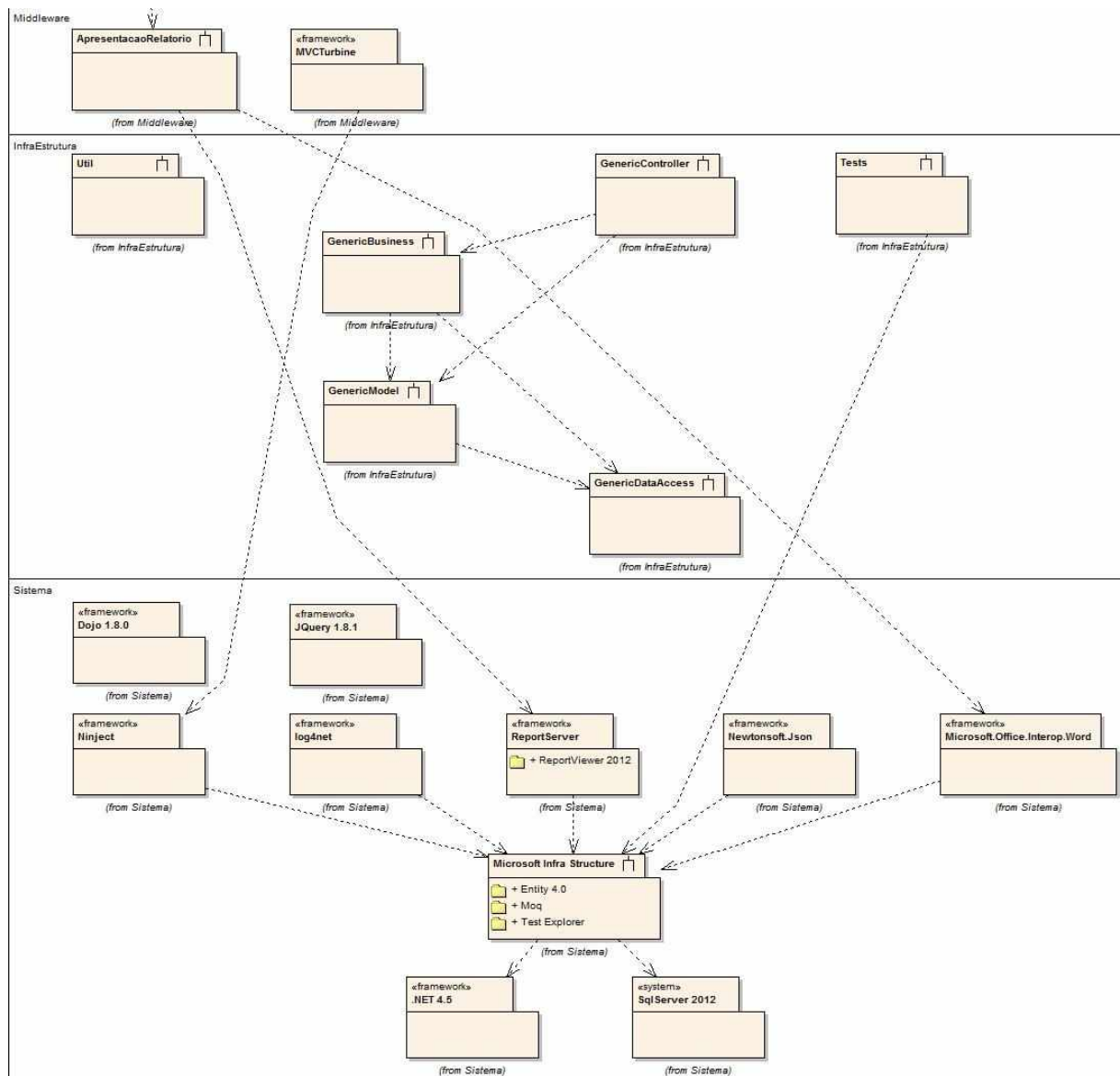
Deve ser possível reutilizar a mesma arquitetura para centralizar diferentes funcionalidades, de diferentes requisitos. Os modelos arquiteturais destes sistemas se distinguem pelo uso de diferentes subsistemas e suas dependências. As Figura 83 e Figura 84 retratam o modelo arquitetural em camadas do sistema SGF do Fisk. As Figura 85 e Figura 86 retratam o modelo arquitetural em camadas do sistema de realidade virtual da Cemig. As Figura 87 e Figura 88 retratam o modelo arquitetural em camadas do sistema de realidade virtual da Freeman.

Figura 83. Camadas de Uso Específico da Aplicação e Uso Específico de Negócio do sistema SGF.



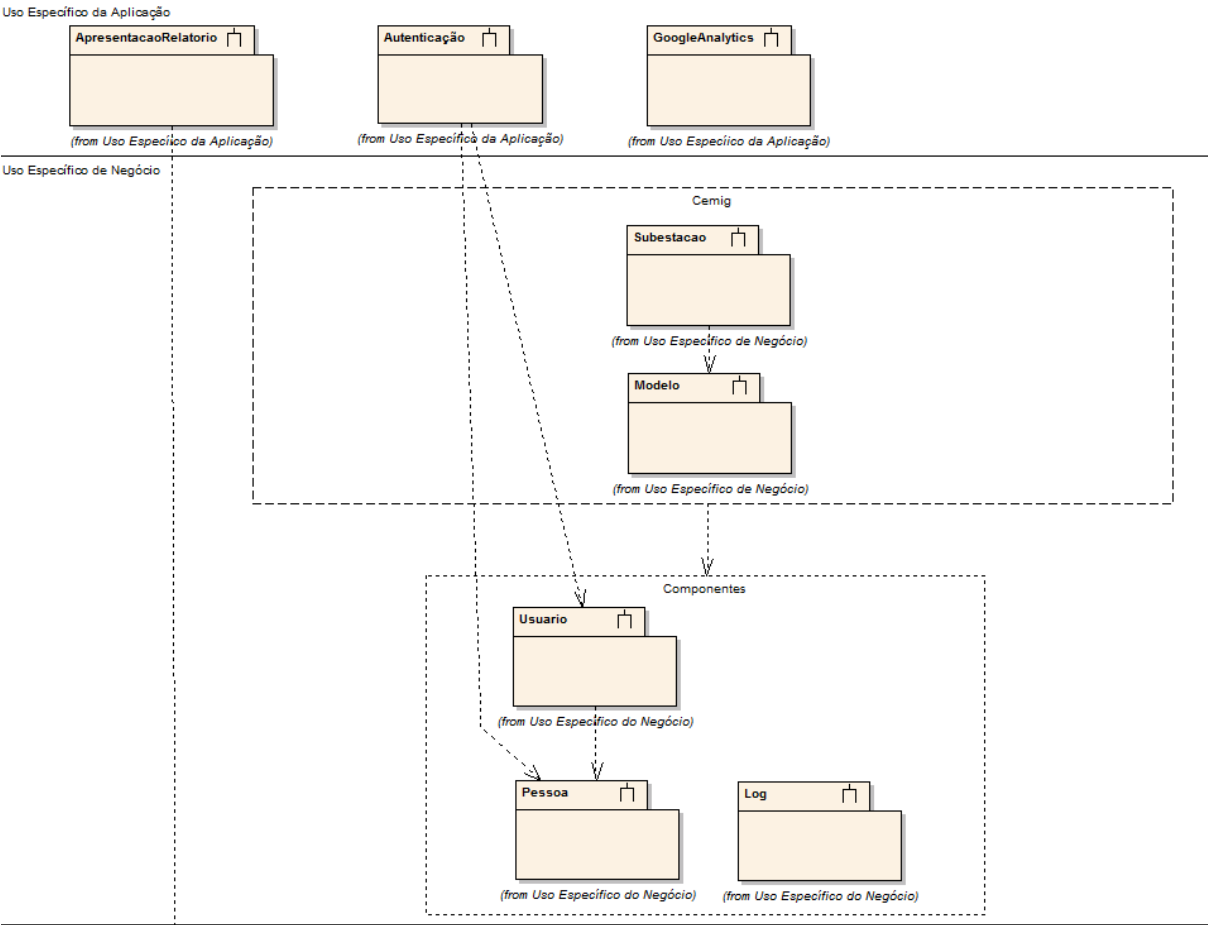
Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 84. Camadas de Middleware, Infra-Estrutura e Sistema do sistema SGF.



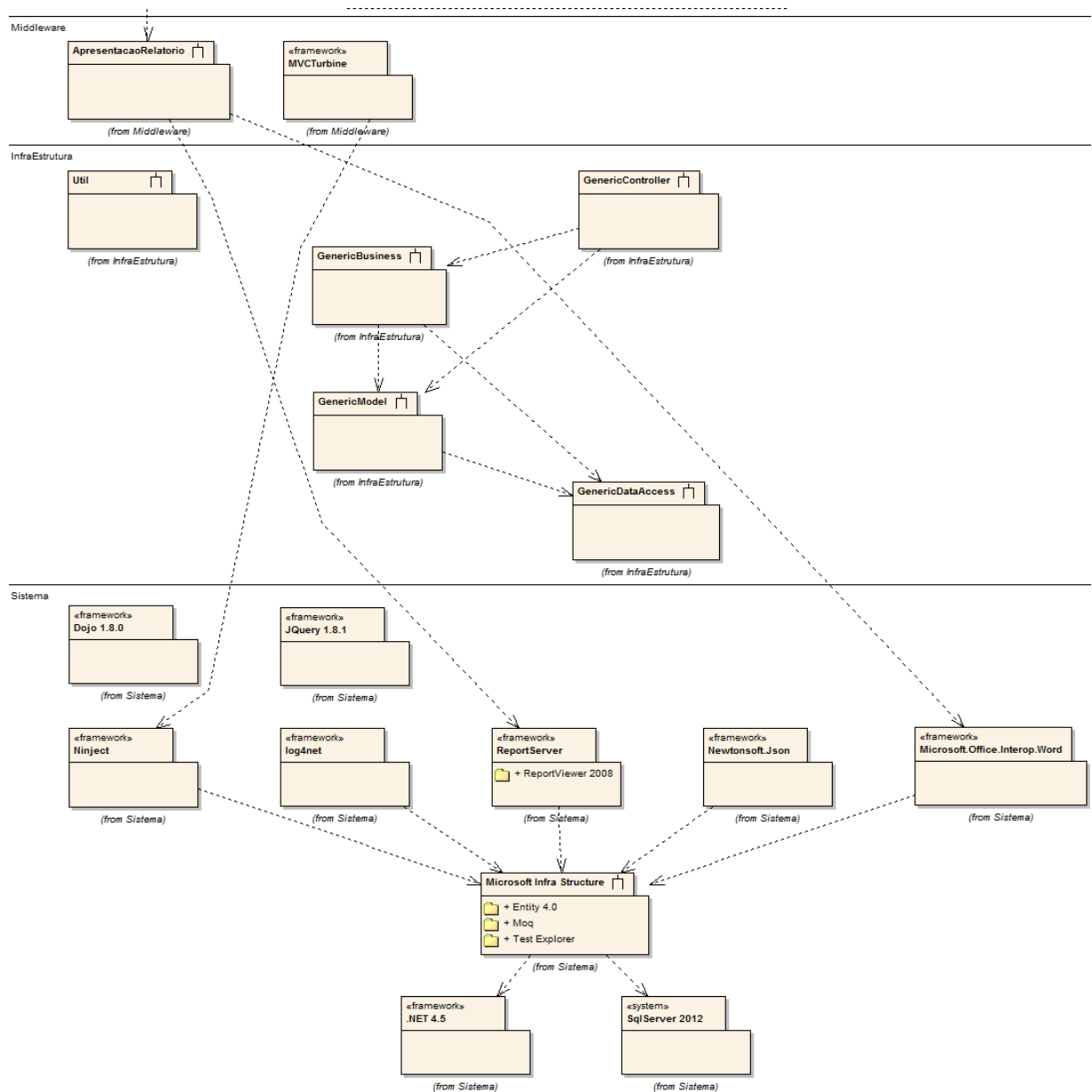
Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 85. Camadas de Uso Específico da Aplicação e Uso Específico de Negócio do sistema Cemig.



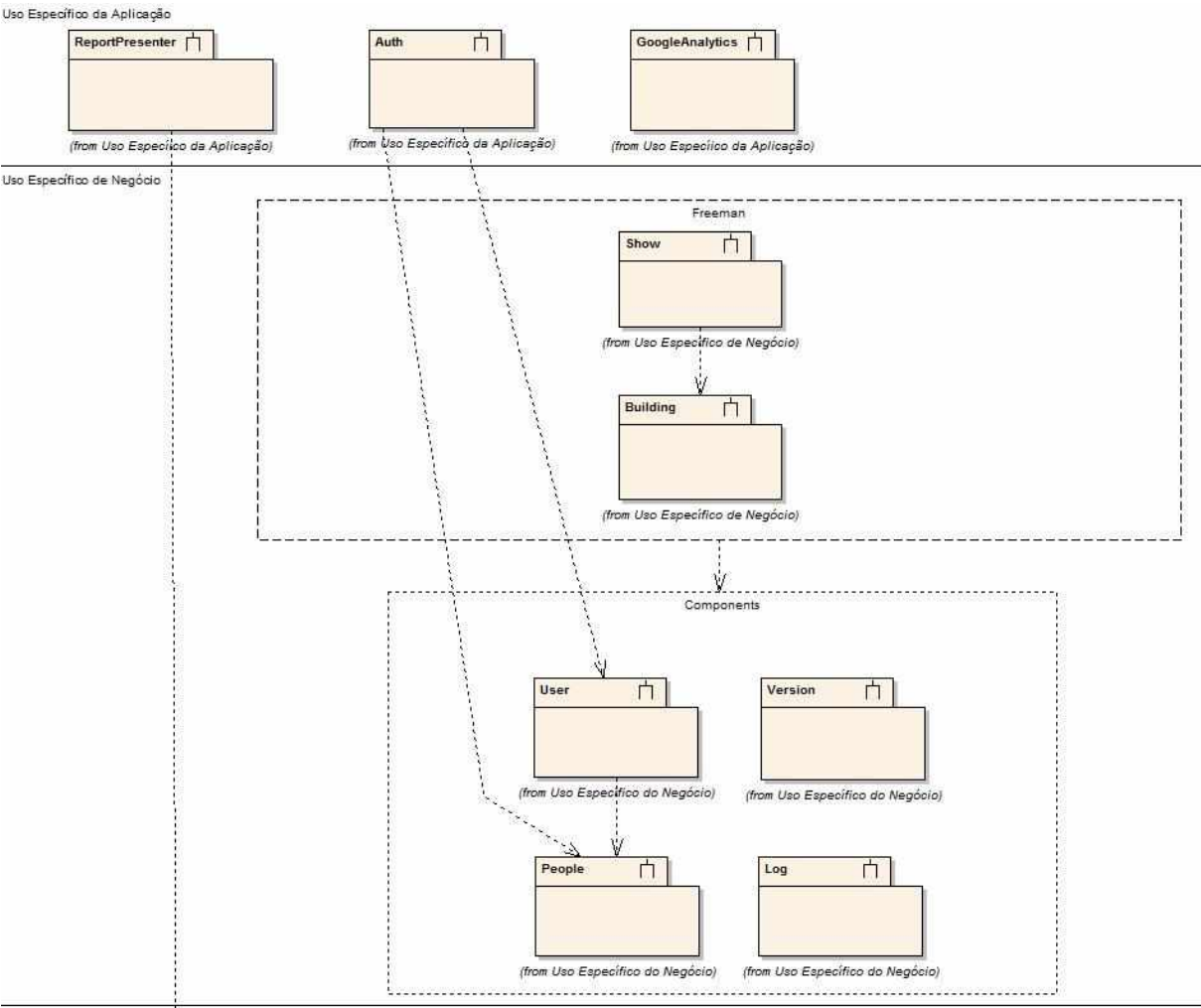
Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 86. Camadas de Middleware, Infra-Estrutura e Sistema do sistema Cemig.



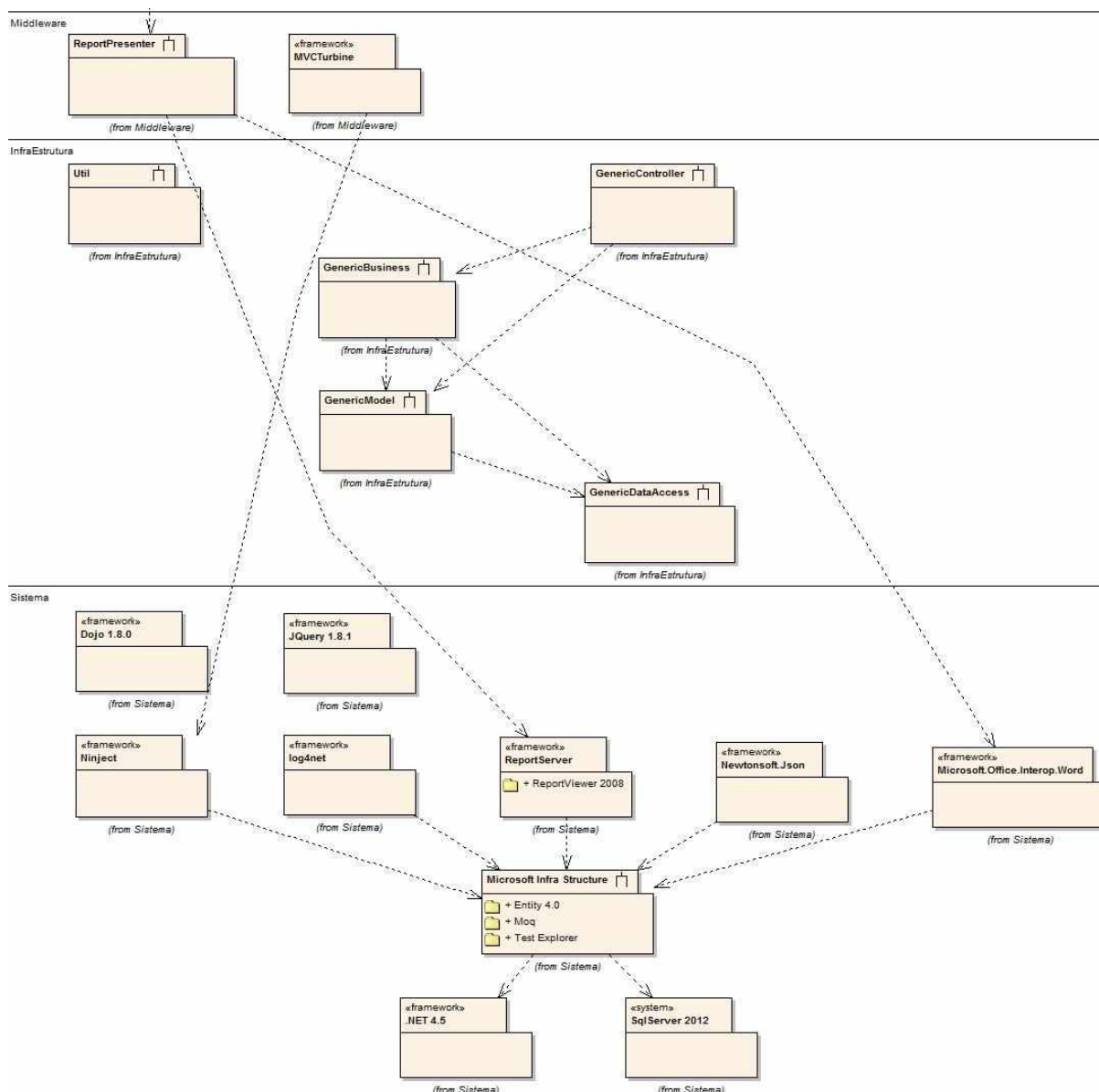
Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 87. Camadas de Uso Específico da Aplicação e Uso Específico de Negócio do sistema Freeman.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 88. Camadas de Middleware, Infra-Estrutura e Sistema do sistema Freeman.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

A mesma arquitetura foi utilizada para os sistemas SGF, Cemig e Freeman, que necessitam dos mesmos componentes WEB para o modelo de busca de informação. Isto é possível, embora esses sistemas possuem requisitos, regras e processos de negócio distintos, regras de sistema e processos de sistemas específicos.

Utilizar a mesma arquitetura de software não implica necessariamente que o processo ou metodologia de desenvolvimento de software seja o mesmo. Por exemplo, o SGF foi desenvolvido com o processo ágil SCRUM, enquanto que os sistemas da Freeman e Cemig não foram desenvolvidos com um processo formal. Entretanto, a

organização arquitetural do sistema auxilia e facilita o desenvolvimento e manutenção do software. A aprendizagem do time de desenvolvimento é mais rápida quando o sistema está centralizado em uma arquitetura.

A camada Uso Específico da Aplicação do sistema SGF contém os subsistemas:

- **ApresentacaoRelatorio:** responsável por apresentar os relatórios gerencias do sistema;
- **GoogleAnalytics:** *framework* e BI da empresa Google para emissão de relatórios com a finalidade de acompanhamento e análise dos acessos dos usuários no sistema WEB. Os relatórios contêm diversos indicadores e métricas que ajudam a compreender quais os módulos do sistema estão funcionando conforme o esperado. É possível conhecer as ferramentas que os usuários utilizam para acessar o sistema, verificar a frequência de acesso, quantidade de usuários, acompanhar o tempo médio de resposta do servidor, por requisição, o tempo médio de download das páginas, o tempo de carregamento do conteúdo do documento e tempo de carregamento da página, entre outras métricas;
- **AtendimentoCliente:** responsável pelos atendimentos gerais de clientes;
- **Biblioteca:** responsável pelo controle geral bibliotecário;
- **Autenticacao:** responsável por autenticar usuários no sistema; e
- **EmissorBoletos:** responsável pela emissão de boletos para as escolas franquizadas receberem as faturas dos alunos.

A camada Uso Específico de Negócio está dividida em subsistemas do SGF e componentes reutilizáveis. Ela contém os subsistemas:

- **InstituicaoEnsino:** responsável por gerenciar de forma centralizada todas as instituições de ensino da fundação Fisk;
- **Coordenacao:** responsável por controlar as regras de negócio referente às instituições;

- **CNAB:** responsável pela gestão e controle dos recebimentos, envio e retorno das remessas das faturas em forma de arquivos para os bancos que utilizam o padrão da FEBRABAN. O SGF faz integração com o Banco do Brasil, Basa, Santander, BRB, Caixa, Bradesco, Itau, Sudameris, Real, Unibanco, Safra, Sicredi e Sicoob;
- **Secretaria:** responsável pelas regras referentes às secretarias das coordenações;
- **Financeiro:** responsável pelas regras financeiras da instituição de ensino; e
- **Patrimonio:** responsável pelo controle de todo o estoque e patrimônio físico e financeiro da instituição.

As regras de negócio referentes aos requisitos de multiempresa, multiusuário e auditoria do sistema são geridas pelos subsistemas componentizáveis “Empresa”, “Usuario”, “Pessoa” e “Log”, respectivamente.

- **Empresa:** responsável pelas regras de negócio gerais para qualquer sistema WEB, que utiliza requisitos de empresa ou multi-empresa;
- **Usuario:** responsável pelas regras de negócio gerais para qualquer sistema WEB, que utiliza requisitos de usuário ou multi-usuário;
- **Pessoa:** responsável pelas regras de negócio relativas à herança de pessoas físicas e jurídicas para qualquer sistema WEB; e
- **Log:** responsável pelo controle e gestão de log e auditoria de qualquer sistema WEB.

A camada “Middleware” é uma camada intermediária, composta pelos subsistemas:

- **ApresentadorRelatorio:** capaz de mediar as regras específicas da aplicação referente aos relatórios e o framework ReportService da camada Sistema; e
- **MVCTurbine:** biblioteca para configurações de outras bibliotecas de injeção de dependências como o Ninject da camada Sistema.

A camada InfraEstrutura possui os subsistemas:

- **Util:** responsável por fornecer funções de utilidade às demais camadas, como por exemplo, criptografia ou envio de email;
- **GenericController:** responsável por abstrair as funcionalidades dos componentes de controle;
- **GenericBusiness:** responsável por abstrair as funcionalidades dos componentes de negócio;
- **GenericModel:** responsável por abstrair as funcionalidades das classes e interfaces referentes aos objetos de transferências de informações entre as camadas do sistema;
- **GenericDataAccess:** responsável por abstrair as funcionalidades dos componentes de banco de dados; e
- **Tests:** responsável pela implementação e execução dos testes de unidade de qualquer subsistema.

A camada “Sistema” possui:

- **Dojo 1.8.0:** biblioteca javascript na versão 1.8.0, para suporte ao desenvolvimento de interfaces gráficas;
- **jQuery 1.8.1:** biblioteca javascript na versão 1.8.1, para suporte ao desenvolvimento de interfaces gráficas;
- **Ninject:** biblioteca responsável pela injeção de dependências do sistema. Esta biblioteca facilita o desenvolvimento das comunicações entre interfaces dos subsistemas e classes do sistema;
- **log4Net:** biblioteca responsável por gerenciar os logs da aplicação em arquivos;
- **ReportServer:** framework responsável por emitir relatórios padrões gerenciais;
- **Microsoft.Office.Interop.Word:** biblioteca responsável por emitir relatórios dinâmicos e com personalização dos usuários administradores do sistema;

- **Newtonsoft.Json:** biblioteca responsável pela serialização de dados que são enviados do protocolo HTTP para a aplicação;
- **Entity Framework:** framework responsável pelo controle e transmissão de dados ao banco de dados;
- **Mok:** biblioteca responsável pela criação de esboços de comportamentos de modelos para simulação em testes;
- **Text Explorer:** plugin responsável pela realização de testes de unidade no Microsoft Visual Studio;
- **.NET 4.5:** atualização do framework Microsoft .NET 4.0, que consiste em uma plataforma de desenvolvimento e execução de sistemas e aplicações; e
- **SQL Server 2012:** banco de dados da Microsoft.

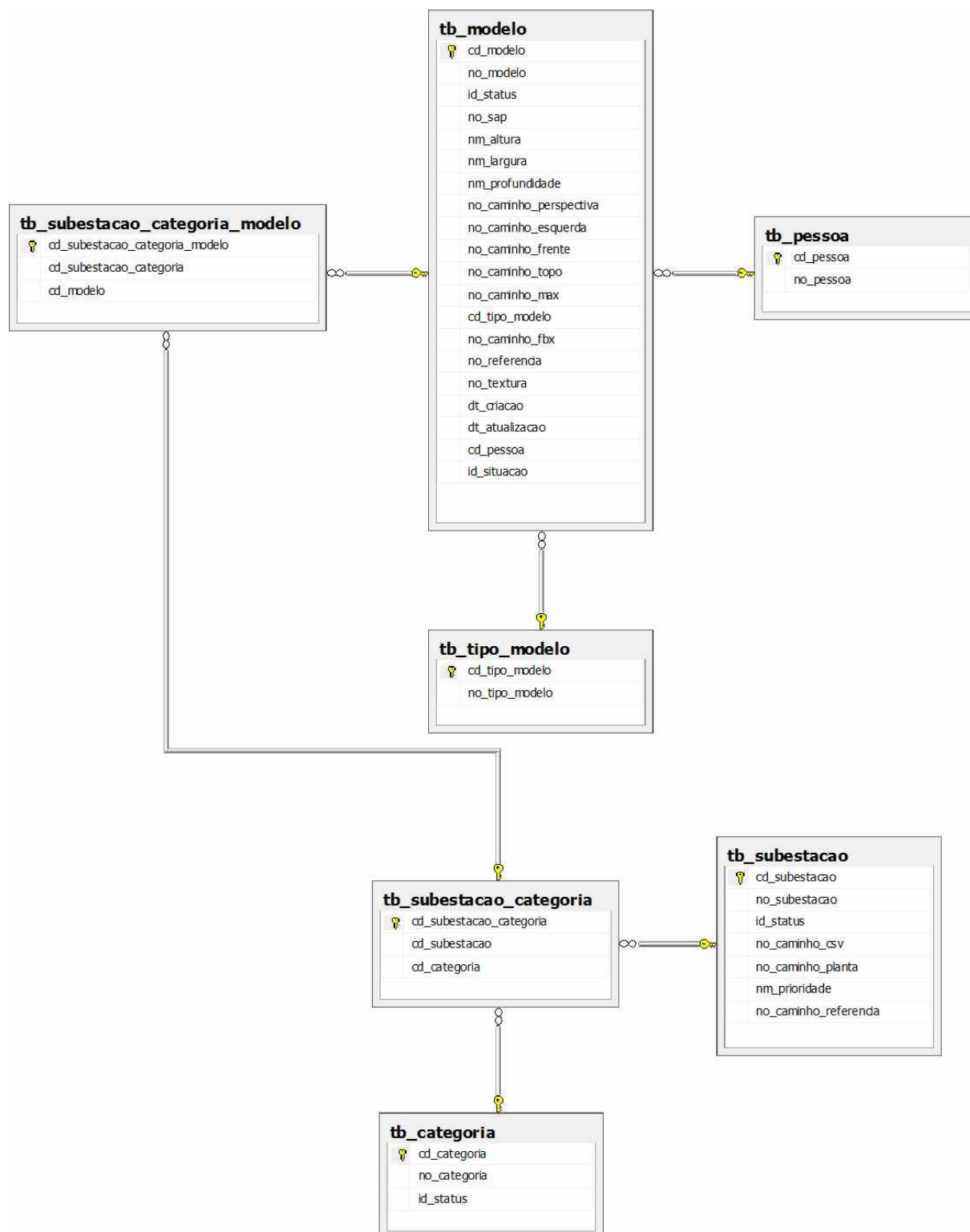
De forma similar, os modelos arquiteturais dos sistemas da Freeman e da Cemig possuem a maior parte dos subsistemas nas camadas “Sistema”, “InfraEstrutura” e “Middleware” em comum com os do sistema do SGF. Entretanto, somente foram realizados testes de sistema e não sendo realizados testes de unidade nos mesmos. Assim, o subsistema “Tests” não existe nos seus modelos arquiteturais na camada “InfraEstrutura”. Já nas camadas “Uso Específico da Aplicação” e “Uso Específico de Negócio” os subsistemas são diferentes entre si e com relação aos do SGF. As regras de aplicações dos subsistemas “Biblioteca” e “AtendimentoCliente” são exclusivas ao SGF. As regras de negócio dos subsistemas “Subestacao”, para administrar as subestações de energia elétrica, e “Modelo”, para gerir o cadastro dos modelos das subestações são específicos da Cemig, enquanto que as regras de negócio dos subsistemas “Show”, para gerenciar as demonstrações e projetos das construções dos prédios e “Building”, o qual controla estas construções, são específicas do negócio da Freeman.

O Entity Framework cria automaticamente as classes a partir das tabelas do banco de dados (*database-first*) ou cria automaticamente a base de dados a partir do modelo de classes e diagrama de entidade e relacionamento - DER do sistema (*code-first*). Nesta ferramenta, é possível desenhar e criar as classes a partir do DER. Na

arquitetura proposta, todas estas classes são *transfer objects* - TO, como padrão de projeto e estas classes percorrem todas as camadas do MVC, desde o subsistema “DataAccess” até a camada de apresentação. Os componentes WEB utilizam estes objetos TO para popular as informações da tela.

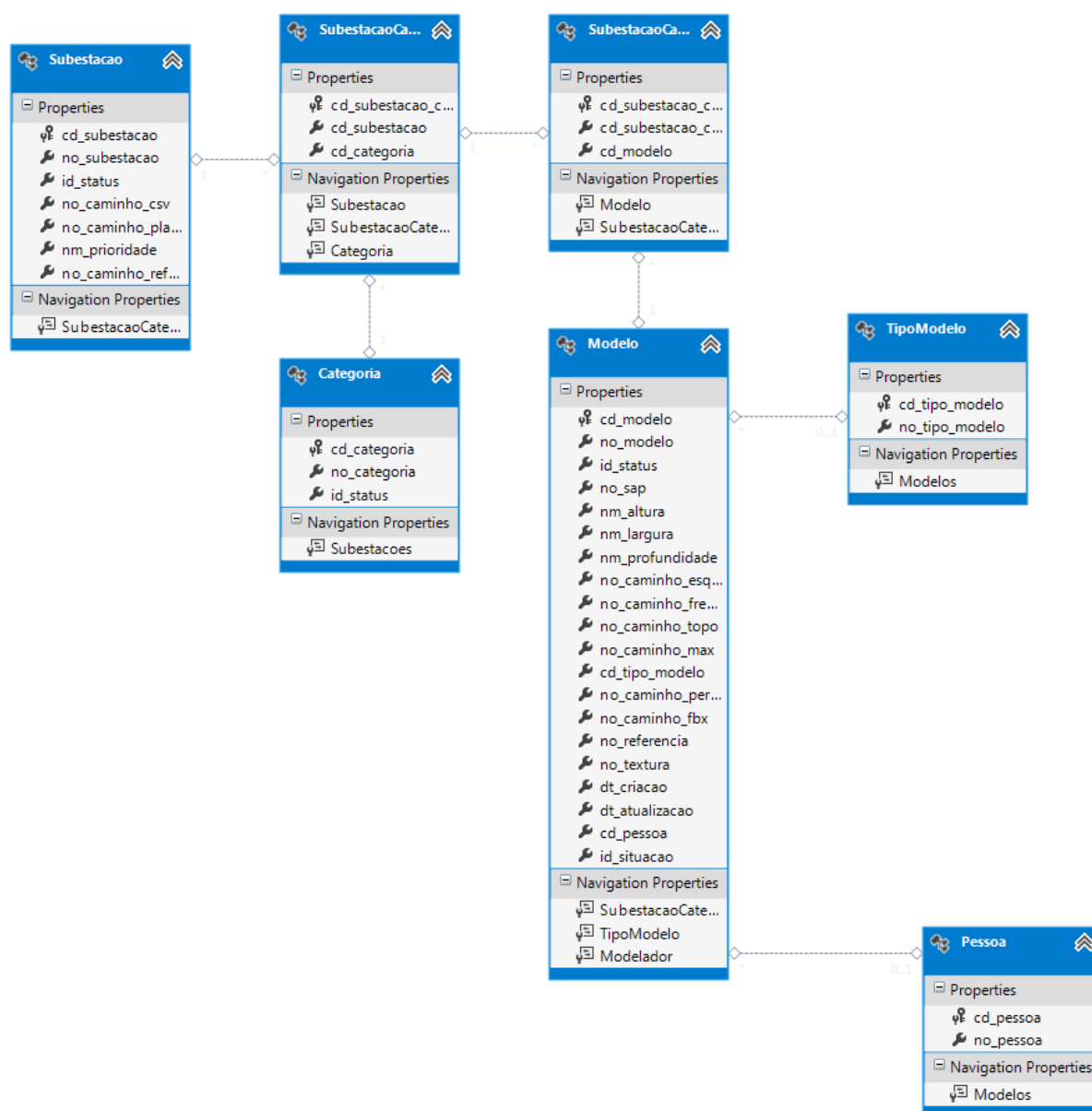
A Figura 90 ilustra um exemplo de diagrama de classes do sistema WEB da Cemig, com as classes geradas a partir das tabelas do banco de dados, ilustradas no DER da Figura 89. Cada subsistema pode ter o seu próprio diagrama de classes e comunicação com o banco de dados. Entretanto, foi observado nesta tese que a criação de um único diagrama de classes facilita a manutenção do projeto, pois evita a repetição das classes.

Figura 89. Exemplo de DER do sistema WEB da Cemig, criado com a ferramenta do Microsoft SQLServer Management Studio.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Figura 90. Exemplo de diagrama de classes do sistema WEB da Cemig, criado com a ferramenta Entity Framework no Visual Studio 2015.



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Outra ferramenta que colaborou muito para o desenvolvimento do sistema foi a escolha do repositório *TortoiseSVN*, para armazenamento dos arquivos fontes e executáveis. Embora a arquitetura seja toda baseada em bibliotecas e ferramentas Microsoft, optou-se pelo *TortoiseSVN*, pois o mesmo controla as versões dos arquivos através de revisões, o que facilita a rastreabilidade do código fonte, com relação ao requisito ou a um possível erro e também possibilita a separação das *sprints* do SCRUM em linhas de desenvolvimento (*trunk*, *branches* e *tags*).