

Maylon Pires Macedo

**Visualização de informações para
acompanhamento de alunos em ambientes de
aprendizagem eletrônica**

Sorocaba, SP

27 de Março de 2020

Maylon Pires Macedo

Visualização de informações para acompanhamento de alunos em ambientes de aprendizagem eletrônica

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC-So) da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação. Linha de pesquisa: Engenharia de Software e Sistemas de Computação.

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia – CCGT

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC-So

Orientador: Profa. Dra. Luciana Aparecida Martinez Zaina

Sorocaba, SP

27 de Março de 2020

Macedo, Maylon Pires

Visualização de informações para acompanhamento de alunos em ambientes de aprendizagem eletrônica / Maylon Pires Macedo. -- 2020.
175 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Profª Drª Luciana Aparecida Martinez Zaina
Banca examinadora: Profª. Drª. Luciana Aparecida Martinez Zaina, Profª.
Drª. Milene Selbach Silveira, Prof. Dr. Alexandre Alvaro
Bibliografia

1. InfoVis. 2. Dados Educacionais. 3. EDM. I. Orientador. II.
Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Maylon Pires Macedo, realizada em 24/04/2020:

Profa. Dra. Luciana Aparecida Martinez Zaina
UFSCar

Profa. Dra. Milene Selbach Silveira
PUC-RS

Prof. Dr. Alexandre Alvaro
UFSCar

Certifico que a defesa realizou-se com a participação à distância do(s) membro(s) Luciana Aparecida Martinez Zaina Milene Selbach Silveira, Alexandre Alvaro e, depois das arguições e deliberações realizadas, o(s) participante(s) à distância está(ão) de acordo com o conteúdo do parecer da banca examinadora redigido neste relatório de defesa.

Profa. Dra. Luciana Aparecida Martinez Zaina

Agradecimentos

Agradeço,

primeiramente a Deus por ter coordenado todas as oportunidades por mim recebidas e a saúde necessária.

aos meus pais Adriana Aparecida Pires Macedo e Mauro Moreira Macedo que sempre deram apoio e suporte aos meus estudos. Muito obrigado pela força, entendimento e carinho.

a minha namorada Letícia de Paula Monteiro que me apoia em todas as minhas empreitadas e me ajuda a continuar.

a minha querida orientadora Dra. Luciana Aparecida Martinez Zaina por ter me acolhido como filho da ciência e ter me conduzido pelas veredas do pensamento científico. Obrigado pela confiança e paciência.

a banca avaliadora composta pelos professores Dr. Alexandre Alvaro e Dra. Milene Selbach Silveira por terem aceitado participar e contribuírem com este projeto.

a Dra. Isabela Gaspirini pela colaboração na revisão sistemática da literatura, atuação como especialista na validação, revisora de artigos e pela disponibilidade em sempre ajudar e compartilhar conhecimento.

ao Dr. Ranilson Oscar Araújo Paiva pelo compartilhamento de conhecimento ao atuar como especialista na validação dos resultados.

a CAPES pelo suporte financeiro.

a todos amigos do grupo de pesquisa UXLeris.

a todos que direta ou indiretamente fizeram parte desta jornada.

*“[...] E tudo ficou tão claro,
O que era raro ficou comum,
Como um dia depois do outro,
Como um dia, um dia comum [...]”*
(Somos Quem Podemos Ser - Engenheiros do Hawaïi, 1988)

Resumo

A área de Visualização da Informação estuda formas de apresentar dados graficamente de uma maneira eficiente para auxiliar o usuário na tomada de decisão. Profissionais da Educação tem se mostrado cada vez mais interessados na inclusão de ferramentas de visualização para melhorar a análise sobre os Dados Educacionais. Contudo, nota-se que as ferramentas para visualização de Dados Educacionais existentes não apresentam boa aderência às necessidades do público-alvo. O objetivo deste projeto de mestrado foi propor um guia, denominado de Vis2Learning, composto por recomendações para auxiliar o desenvolvedor a construir visualizações sobre Dados Educacionais aplicadas ao contexto de *e-learning*. Para cada cenário de aplicação coberto pelo guia são fornecidos: o formato do gráfico mais adequado; suas características; exemplos de aplicação; e recomendações gerais para trazer melhorias nos dados visualizados através do gráfico. Partindo de um estudo preliminar da literatura foi possível definir algumas lacunas relacionadas ao processo de desenvolvimento de visualizações no cenário educacional. Uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi conduzida para compreender quais eram as abordagens utilizadas neste contexto. Com base nos resultados da RSL, notou-se que ao desenvolver visualizações sobre Dados Educacionais os pesquisadores tendem a executar uma pesquisa exploratória e desenvolver as visualizações baseados apenas em exemplos. O Vis2Learning foi proposto a partir de uma análise de estudos e resultados reportados nos artigos obtidos nas etapas iniciais da RSL. A partir desta análise foram extraídas lições aprendidas durante a avaliação das visualizações desenvolvidas para o cenário educacional, estas extrações foram validadas por um trio de especialistas em: *Educational Data Mining*; Interação Humano-Computador; e *Information Visualization*. Após a extração e validação das informações, a versão final do Vis2Learning foi definida. O Vis2Learning foi avaliado a partir de duas perspectivas, a saber: uma avaliação teve como objetivo coletar a percepção dos usuários finais sobre a adequação de visualizações desenvolvidas com base no Vis2Learning para o cenário educacional; enquanto na outra avaliação observou-se a utilidade e facilidade percebida por desenvolvedores no uso do Vis2Learning para o desenvolvimento de protótipos de visualização sobre Dados Educacionais. O resultado da avaliação com os usuários finais demonstrou que visualizações tradicionais construídas com base no Vis2Learning foram consideradas mais adequadas para o cenário educacional em relação às visualizações construídas pelo algoritmo do *Google Sheets*. Na avaliação com desenvolvedores notou-se que o Vis2Learning auxiliou os participantes a obter consciência sobre boas práticas no desenvolvimento de visualizações e deu suporte ao processo de escolha do formato da visualização levando em consideração o contexto do usuário.

Palavras-chaves: InfoVis. Dados Educacionais. EDM.

Abstract

The Information Visualization area studies ways to present data graphically in an efficient way to assist the user in decision making. Education professionals have been increasingly interested in the inclusion of visualization tools to improve the analysis of Educational Data. However, tools for delivering visualizations on Educational Data do not often provide resources aligned to the needs of the target audience. The objective of this master's project was to propose a guide, called Vis2Learning, composed of recommendations to help the developer build visualizations about Educational Data applied to the context of e-learning. For each application scenario covered by the guide, the following information are provided: the most suitable graph format; your characteristics; application examples; and general recommendations to bring improvements to the data visualized through the graph. Based on a preliminary study of the literature were found some gaps related to the process of developing visualizations in the educational scenario. A Systematic Literature Review (RSL) was conducted to understand what approaches were used in this context. Based on the results of RSL, was discovered that when developing visualizations on Educational Data, researchers tend to perform exploratory research and develop visualizations based only on examples. Vis2Learning was proposed based on an analysis of studies and results reported in the articles obtained in the initial stages of RSL. From this analysis, lessons learned during the evaluation of the visualizations developed for the educational scenario were extracted. These extractions were validated by a trio of specialists in: Educational Data Mining; Human-Computer Interaction; and Information Visualization. After extracting and validating the recommendations, the final version of Vis2Learning was defined. Vis2Learning was evaluated from two perspectives, namely: an assessment aimed to collect the perception of end users about the adequacy of views developed based on Vis2Learning for the educational scenario; while in the other evaluation, was analyzed the utility and ease perceived by developers in the use of Vis2Learning for the development of visualization prototypes on Educational Data. The result of the evaluation with the end users showed that traditional views built based on Vis2Learning were considered more suitable for the educational scenario in relation to the views built by the Google Sheets algorithm. In the evaluation with developers, the Vis2Learning helped participants to gain awareness of good practices in the development of visualizations and supported the process of choosing the visualization format taking into account the user's context.

Key-words: InfoVis. Educational Data. EDM.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Metodologia utilizada para guiar o projeto de mestrado	27
Figura 2 – Quatro níveis aninhados para avaliação e desenvolvimento de visualizações proposto por Munzner (2014)	33
Figura 3 – Infográfico desenvolvido sobre a obra de Munzner (2014)	35
Figura 4 – Etapas realizadas durante o planejamento para a execução da RSL	41
Figura 5 – Etapas realizadas durante a seleção dos artigos para a RSL	46
Figura 6 – Distribuição das publicações aceitas após aplicação de todos os critérios	46
Figura 7 – Relação entre aplicação das teorias de Visualização de Informação (eixo Y) e Teorias Educacionais (eixo X) nos trabalhos analisados por Vieira, Parsons e Byrd (2018)	64
Figura 8 – Processo seguido para criação e validação do Vis2Learning	65
Figura 9 – Gráfico de colunas representando a quantidade de ligações entre as recomendações de Munzner (2014) e o Vis2Learning	85
Figura 10 – Gráfico de bolha representando as ligações entre o Vis2Learning e as recomendações de Munzner (2014)	86
Figura 11 – Informações sobre o perfil dos participantes da avaliação com professores	93
Figura 12 – Nível de conhecimento declarado pelos participantes da avaliação com professores sobre temas tangentes ao foco da pesquisa	94
Figura 13 – Intenção de uso de gráficos reportado pelos participantes da avaliação com professores	95
Figura 14 – Gráfico em forma de nuvem de palavras gerado a partir das respostas dos participantes da avaliação com professores sobre quais sistemas eles usam para criar gráficos	95
Figura 15 – Todas as respostas recebidas na avaliação com os professores	96
Figura 16 – Respostas recebidas na avaliação com os professores. Dados organizados por cenário, participantes que avaliaram as visualizações genéricas tiveram as respostas invertidas	97
Figura 17 – Cenários de 1 a 5 que foram apresentados aos participantes. Abaixo do cenário às visualizações, ao lado um <i>boxplot</i> representando a distribuição das respostas	98
Figura 18 – Cenários de 6 a 10 que foram apresentados aos participantes. Abaixo do cenário às visualizações, ao lado um <i>boxplot</i> representando a distribuição das respostas	99
Figura 19 – Cenários de 11 a 15 que foram apresentados aos participantes. Abaixo do cenário às visualizações, ao lado um <i>boxplot</i> representando as respostas	100

Figura 20 – Exemplos de gráficos relacionados aos cenários desenvolvidos para a avaliação com desenvolvedores	115
Figura 21 – Resultados do questionário de <i>feedback</i> em relação à facilidade percebida	119
Figura 22 – Resultados do questionário de <i>feedback</i> em relação à utilidade percebida	120

Lista de tabelas

Tabela 1 – Lista das <i>strings</i> de busca testadas	43
Tabela 2 – Listagem dos artigos selecionados pela RSL e as abordagens utilizadas	52
Tabela 3 – Relação entre as etapas encontradas pela RSL e o <i>framework</i> proposto por Munzner (2014)	57
Tabela 4 – Comparação entre os trabalhos relacionados e a proposta Vis2Learning	59
Tabela 5 – Exemplo retirado da lista de extrações	67
Tabela 6 – Exemplo retirado da planilha de consolidação	68
Tabela 7 – Primeira versão das recomendações	68
Tabela 8 – Exemplo retirado do <i>feedback</i> fornecido pelo especialista em IHC . . .	70
Tabela 9 – Descrição do processo de reorganização das recomendações com base no <i>feedback</i> dos especialistas	71
Tabela 10 – Exemplo de recomendação presente no Vis2Learning	73
Tabela 11 – Recomendação R1 do Vis2Learning	74
Tabela 12 – Recomendação R2 do Vis2Learning	75
Tabela 13 – Recomendação R3 do Vis2Learning	75
Tabela 14 – Recomendação R4 do Vis2Learning	76
Tabela 15 – Recomendação R5 do Vis2Learning	76
Tabela 16 – Recomendação R6 do Vis2Learning	77
Tabela 17 – Recomendação R7 do Vis2Learning	77
Tabela 18 – Recomendação R8 do Vis2Learning	78
Tabela 19 – Recomendação R9 do Vis2Learning	78
Tabela 20 – Recomendação R10 do Vis2Learning	79
Tabela 21 – Recomendação R11 do Vis2Learning	79
Tabela 22 – Recomendação R12 do Vis2Learning	80
Tabela 23 – Recomendação R13 do Vis2Learning	80
Tabela 24 – Recomendação R14 do Vis2Learning	81
Tabela 25 – Recomendação R15 do Vis2Learning	81
Tabela 26 – Exemplo de extração da obra de Munzner (2014)	83
Tabela 27 – Ligações entre o Vis2Learning e a obra de Munzner (2014)	84
Tabela 28 – Exemplo da distribuição dos gráficos entre os questionários desenvolvidos	88
Tabela 29 – Respostas dos professores ao questionário de perfil	91
Tabela 30 – Respostas dos professores às afirmações relacionadas aos cenários apresentados (Questionário A)	92
Tabela 31 – Respostas dos professores às afirmações relacionadas aos cenários apresentados (Questionário B)	92

Tabela 32 – Perguntas desenvolvidas para o questionário de <i>feedback</i> aplicado aos desenvolvedores que utilizaram o Vis2Learning	107
Tabela 33 – Resultados dos testes com as ferramentas para prototipagem de gráficos	108
Tabela 34 – Respostas dos participantes ao questionário de perfil	110
Tabela 35 – Passo a passo para formação dos grupos da avaliação com desenvolvedores	111
Tabela 36 – Resultado das análises realizadas nas visualizações desenvolvidas referente ao cenário 1	113
Tabela 37 – Resultado das análises realizadas nas visualizações desenvolvidas referente ao cenário 2	114
Tabela 38 – Respostas dos desenvolvedores do grupo A ao questionário TAM	121

Lista de abreviaturas e siglas

AVA	Ambientes Virtuais de Aprendizagem
BI	<i>Business Intelligence</i>
CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
EDM	<i>Educational Data Mining</i>
IHC	Interação Humano-Computador
InfoVis	Visualização da Informação
LA	<i>Learning Analytics</i>
MOOC	<i>Massive Open Online Course</i>
MSL	Mapeamento Sistemático da Literatura
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
UCD	<i>User Centered Design</i>
UX	Experiência do Usuário

Lista de símbolos

\approx Aproximadamente

Sumário

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Objetivos	26
1.2	Metodologia	27
1.3	Contribuições	29
1.4	Organização do trabalho	30
2	FUNDAMENTOS E ESTUDO PRELIMINAR	31
2.1	Considerações iniciais	31
2.2	<i>E-learning</i> e Dados Educacionais	31
2.3	Visualização da Informação	32
2.4	<i>InfoVis</i> por Munzner	32
2.5	Estudo preliminar da literatura	36
2.6	Considerações finais	38
3	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	39
3.1	Considerações iniciais	39
3.2	Trabalhos relacionados	40
3.3	Metodologia	41
3.4	Planejamento	41
3.5	Execução	44
3.6	Resultados	46
3.6.1	RQ1 - Quais abordagens que levam em consideração os aspectos da interação do usuário foram aplicadas para o desenvolvimento de visualizações de Dados Educacionais?	47
3.6.2	RQ2 - Quais são as etapas realizadas para o desenvolvimento de visualizações de dados no contexto de uso da educação?	53
3.6.3	RQ2.1 - Qual a relação entre as etapas encontradas com as etapas do <i>framework</i> definido por Munzner (2014)?	55
3.7	Estudo sobre artigos recusados pela RSL	57
3.8	Comparação da proposta com trabalhos relacionados	59
3.9	Discussão	60
3.10	Considerações finais	61
4	VIS2LEARNING	63
4.1	Considerações iniciais	63
4.2	Etapas para criação do Vis2Learning	64

4.3	Primeira versão da proposta	65
4.4	Validação da proposta por especialistas	69
4.5	Proposta final: Vis2Learning	71
4.5.1	O Vis2Learning	74
4.6	Comparação das extrações com o <i>framework</i> de Munzner (2014)	82
4.7	Considerações finais	85
5	AVALIAÇÃO COM PROFESSORES	87
5.1	Considerações iniciais	87
5.2	Planejamento	87
5.3	Execução	89
5.4	Ameaças à validade	89
5.5	Análise	90
5.6	Resultados	93
5.6.1	Perfil dos participantes	93
5.6.2	Avaliação sobre a percepção	96
5.7	Discussão	97
5.8	Considerações finais	103
6	AVALIAÇÃO COM DESENVOLVEDORES	105
6.1	Considerações iniciais	105
6.2	Planejamento	105
6.3	Execução	108
6.4	Ameaças à validade	111
6.5	Análise	112
6.6	Resultados	113
6.6.1	Cenário 1	114
6.6.2	Cenário 2	116
6.6.3	<i>Feedback</i> dos participantes	117
6.7	Discussão	122
6.8	Considerações finais	124
7	CONCLUSÃO	125
7.1	Contribuições	127
7.2	Limitações e trabalhos futuros	127
	Referências	129

APÊNDICE A – AVALIAÇÃO COM PROFESSORES: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO SOBRE O VIS2LEARNING APLICADO AO GRUPO A	139
APÊNDICE B – AVALIAÇÃO COM PROFESSORES: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO SOBRE O VIS2LEARNING APLICADO AO GRUPO B	153
APÊNDICE C – AVALIAÇÃO COM DESENVOLVEDORES: CONJUNTO DE INSTRUÇÕES PARA O GRUPO A .	167
APÊNDICE D – AVALIAÇÃO COM DESENVOLVEDORES: CONJUNTO DE INSTRUÇÕES PARA O GRUPO B .	171
APÊNDICE E – PASTA DOS APÊNDICES NO <i>GOOGLE DRIVE</i>	175

1 Introdução

O crescente avanço da tecnologia tornou universal o acesso a internet, celulares e computadores. A educação tem se beneficiado do desenvolvimento tecnológico que prove ferramentas que permitem realizar desde simulações até a gestão de cursos (SANTOS; NETO, 2017). A modalidade de ensino que envolve sistemas que possibilitam a interação do aluno com o material de aula por meios eletrônicos são comumente denominados de *e-learning* (aprendizagem eletrônica). Os ambientes de *e-learning* geram grandes quantidades de dados e muitos desses dados estão relacionados a participação dos alunos nas atividades propostas (VIEIRA; PARSONS; BYRD, 2018).

Alguns educadores, buscando entender e melhorar o processo de ensino-aprendizagem, utilizam esses dados para tomada de decisão (NUNES, 2015). Este procedimento, geralmente, é realizado por especialistas em educação de maneira manual utilizando como apoio ferramentas de escritório (planilhas eletrônicas) (MOISSA; GASPARINI; KEMCZINSKI, 2015). Os dados gerados pelas interações dos alunos com ambientes de ensino são categorizados pela literatura como “Dados Educacionais” (JORDÃO VILMA E GONÇALVES, 2014; VIEIRA; PARSONS; BYRD, 2018; MOISSA; GASPARINI; KEMCZINSKI, 2015). Dados Educacionais compreendem informações sobre os alunos, como por exemplo: notas; dados demográficos; atividades realizadas; entre outras informações relacionadas ao contexto escolar (TERVAKARI et al., 2014; BARROS; SILVA; GUEDES, 2017).

Para avaliação do processo de ensino-aprendizagem, considerar as notas de apenas uma atividade pode proporcionar uma visão limitada sobre o desenvolvimentos dos alunos (GAŠEVIĆ; DAWSON; SIEMENS, 2015; MAJUMDAR; IYER, 2016). Portanto, para realizar uma análise dos Dados Educacionais buscando o entendimento do processo de ensino é necessário uma abordagem para visualização da evolução dos alunos em relação aos contextos trabalhados, a fim de perceber como o resultado de cada etapa influência no total (MENEZES et al., 2016).

Por mais que estes dados possam ser analisados individualmente em tabelas planas, este tipo de visualização pode não fornecer fácil entendimento para qualquer pessoa. A visualização textual dos dados não permite inferir padrões, encontrar tendências ou valores discrepantes, dificultando a interpretação dos dados disponíveis e, por consequência, a tomada de decisão (GUIMAR, 2014).

Nos últimos anos os profissionais da educação tem sido favoráveis a inclusão de tecnologias para melhorar as análises do trabalho desenvolvido (CARVALHO; NEVES; MELO, 2016; RIGO et al., 2014; REYES, 2015). Padilha e Souza (2017) relatam a experiência de professores aplicando ferramentas da área de negócios para analisar Dados

Educacionais com o objetivo de realizar a avaliação do processo de ensino-aprendizagem. Os autores conseguiram realizar a análise desejada. Porém, foi necessário um esforço alto para operar as ferramentas, pois Dados Educacionais são volumosos e não trazem informações relevantes em sua forma pura, sendo necessário ainda algum tratamento visual (MAJUMDAR; IYER, 2016).

A área de Visualização da Informação atua de maneira a auxiliar o desenvolvimento de visualizações adequadas ao público-alvo, habilitando o usuário a tomar decisões sobre elas. Para auxiliar o desenvolvimento de visualizações e melhorar a qualidade sobre a análise de Dados Educacionais Reyes (2015) sugere aprofundamentos na área de Visualização da Informação (InfoVis). Munzner (2014) propõe um *framework* para a área de InfoVis considerando os aspectos de Interação Humano-Computador (IHC), cujo objetivo é conduzir o *designer* a fazer escolhas que sejam adequadas ao contexto do usuário para elaborar o “idioma da visualização”. Idioma da visualização pode ser entendido como a maneira que a visualização comunica o usuário sobre os dados através de formatos, cores e/ou interações (MUNZNER, 2014).

Estudos fornecem relatos demonstrando resultados positivos da aplicação de conceitos semelhantes aos do InfoVis no desenvolvimento de visualizações sobre Dados Educacionais (MAJUMDAR; IYER, 2016; SUN et al., 2016; JORDÃO VILMA E GONÇALVES, 2014; MENEZES et al., 2016). Dentro do escopo deste estudo não foram encontrados trabalhos que realizam a aplicação objetiva das recomendações do InfoVis no desenvolvimento de visualizações sobre tais dados.

Por mais que em alguns trabalhos seja possível notar a semelhança de alguns conceitos, não há nenhuma citação direta ao *framework* desenvolvido por Munzner (2014). Nunes (2015) e Gašević, Dawson e Siemens (2015) atribuem as poucas aplicações objetivas do InfoVis no desenvolvimento de visualizações sobre Dados Educacionais, como uma característica de uma área ainda em desenvolvimento.

1.1 Objetivos

O objetivo deste projeto de mestrado foi propor um guia, denominado Vis2Learning, composto por recomendações para auxiliar o desenvolvedor a construir visualizações sobre Dados Educacionais aplicadas ao contexto de *e-learning*. Para cada cenário de aplicação de uma visualização são fornecidos: o formato do gráfico mais adequado; suas características; exemplos de aplicação; e recomendações gerais para trazer melhorias nos dados visualizados através do gráfico. Para o contexto das recomendações “cenários de aplicação” são as situações onde as visualizações podem ser aplicadas (aplicabilidade).

A partir do objetivo geral desta proposta, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

1. Realizar um levantamento bibliográfico sobre os temas centrais deste estudo (Visualização da Informação, Dados Educacionais e desenvolvimento de visualização em sistemas *e-learning*);
2. Realizar um estudo sistemático sobre quais abordagens para desenvolvimento de visualizações têm sido utilizadas no contexto de sistemas *e-learning*;
3. Propor um guia, denominado Vis2Learning, com recomendações para auxiliar o desenvolvedor a construir visualizações sobre Dados Educacionais aplicadas ao contexto de *e-learning*;
4. Validar a formulação das recomendações que compõem o guia com especialistas em EDM, IHC e InfoVis;
5. Avaliar com usuários finais (agentes envolvidos no cenário educacional) o resultado de visualizações desenvolvidas baseadas no Vis2Learning;
6. Avaliar a facilidade e utilidade percebida pelo desenvolvedor em relação ao uso do Vis2Learning.

1.2 Metodologia

Figura 1: Metodologia utilizada para guiar o projeto de mestrado

Definições por Rusu et. al.	Estágios Bibliografia / Projeto	Etapas propostas para a pesquisa
Estudo da bibliografia sobre o tema de pesquisa para coletar tópicos específicos.	Exploratório / Etapa A	Revisão da bibliografia.
Formalizar conceitos principais.	Descritivo / Etapa B	Revisão Sistemática da Literatura (RSL).
Identificar as características de usabilidade que deveriam ser necessárias.	Correlacional / Etapa C	Extração e consolidação das recomendações.
Definir formalmente o conjunto de propostas.	Explicativo / Etapa D	Proposta de recomendações; Validação por especialistas; Comparação com Munzner.
Avaliações realizadas por especialistas da área ou testes com usuário.	Validação / Etapa E	Avaliação da proposta por professores e desenvolvedores.
Baseado no <i>feedback</i> realizar um refinamento da proposta.	Refinamento / Etapa F	Defesa da dissertação; Escrita de artigos; Trabalhos futuros.

Fonte: elaborado pelo autor

O *framework* proposto por Rusu et al. (2011) foi seguido para nortear a elaboração das recomendações que compõem o guia proposto por esta pesquisa. Rusu et al. (2011)

define um processo composto por seis etapas para guiar o desenvolvimento de recomendações para contextos específicos. Este *framework* foi adotado pois permite a elaboração das recomendações a partir de investigações na literatura.

As seis etapas definidas por Rusu et al. (2011) são: **Estágio Exploratório:** estudo da bibliografia sobre o tema de pesquisa específico para coletar informações sobre características relacionadas a usabilidade; **Estágio Descritivo:** formalizar conceitos principais destacando as características mais importantes sobre o contexto; **Estágio Correlacional:** identificar as características que deveriam ser necessárias baseado em análises levando em conta o contexto da aplicação; **Estágio Explicativo:** definir formalmente o conjunto de propostas; **Estágio de Validação:** validar a proposta por meio de avaliações com especialistas ou testes com usuário; **Estágio de Refinamento:** refinar a proposta com base nas informações coletadas na etapa de validação.

A metodologia definida para guiar o desenvolvimento do projeto de mestrado seguiu as mesmas etapas propostas por Rusu et al. (2011) adaptando-as ao propósito deste projeto. A Figura 1 representa a relação entre as etapas propostas por Rusu et al. (2011) e as etapas definidas para guiar o desenvolvimento da pesquisa, que foram definidas da seguinte forma:

Etapa A: Realização de um estudo bibliográfico sobre os principais conceitos tangentes ao projeto com a intenção de agregar uma visão geral sobre: visualização de Dados Educacionais; Visualização da Informação; InfoVis (por Munzner (2014)); usabilidade; e UX. O resultado desta etapa foi considerado como um estudo preliminar da literatura. Esta atividade foi realizada continuamente durante todo o projeto já que novas e importantes referências poderiam surgir;

Etapa B: Uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi conduzida para investigar trabalhos relacionados ao desenvolvimento de visualizações sobre Dados Educacionais. O intuito foi mapear quais abordagens têm sido utilizadas neste contexto e quais são as etapas realizadas durante o desenvolvimento. A RSL seguiu os fundamentos e premissas de Petersen et al. (2008). Além de cumprir o intuito principal, a RSL auxiliou na tarefa de encontrar recomendações de desenvolvimento, problemas conhecidos e casos de sucesso, gerando evidências para estabelecer uma relação entre as características apontadas pela literatura e as ações realizadas nos trabalhos;

Etapa C: Com base nos artigos retornados pela *string* de busca definida para a RSL, foram extraídas recomendações para aplicação de visualizações no cenário educacional. A extração foi realizada de maneira categorizada, sendo organizada por: nome do artigo; recorte do texto; qual a base da recomendação (percepção humana ou semântica dos dados); qual era o formato de visualização tratado; e uma reflexão. A reflexão serviu para situar as escolhas no cenário de uso, elucidando quais eram as condições, intenções e resultados no momento da descoberta. As extrações realizadas foram organizadas por

similaridade para permitir a consolidação das experiências reportadas;

Etapa D: Com base na consolidação das experiências extraídas foi elaborada a primeira versão do guia de recomendações que foi submetido a uma validação por um trio de especialistas em *Educational Data Mining*, IHC e *Information Visualization*. Com base no *feedback* dos especialistas as extrações foram refinadas e foi possível delinear a versão final da proposta, intitulada de **Vis2Learning**. A proposta tem o objetivo de apoiar a aplicação de visualizações sobre Dados Educacionais de maneira a aliar os aspectos do domínio do usuário sobre os dados e tarefas aos aspectos funcionais da visualização. Para analisar se a formulação da proposta era válida para cumprir os objetivos, as experiências extraídas foram comparadas com o *framework* de Munzner (2014);

Etapa E: Duas avaliações **independentes** foram realizadas. A avaliação com **professores** ocorreu *online* por meio de questionário próprio, onde participantes (agentes do cenário educacional) opinaram sobre a interpretação de gráficos construídos com e sem o apoio do **Vis2Learning**. A avaliação com **desenvolvedores** tinha dois objetivos: (a) medir a facilidade e a utilidade percebida pelos desenvolvedores ao utilizar o **Vis2Learning**; (b) observar as dificuldades dos desenvolvedores ao propor visualizações com e sem o apoio do **Vis2Learning**. Não houve distinção relacionada a importância ou ordem de precedência entre as avaliações;

Etapa F: Os resultados serão divulgados por meio de artigos científicos e dissertação. Alguns potenciais veículos para publicação dos resultados são: *Brazilian Journal of Computers in Education* (RBIE); Simpósio Brasileiro Sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, entre outros.

1.3 Contribuições

A partir da execução de todas as etapas propostas anteriormente e almejando atender os objetivos pode-se apontar algumas contribuições desta pesquisa:

1. Proposta de um guia composto por recomendações para auxiliar a aplicação de visualizações no contexto educacional levando em consideração os aspectos da interação do usuário;
2. Organização, de forma sistematizada, sobre conhecimentos encontrados dispersos na literatura sobre a construção de visualizações no contexto educacional;
3. Uma Revisão Sistemática da Literatura sobre a utilização de abordagens para o desenvolvimento de visualizações sobre Dados Educacionais.

1.4 Organização do trabalho

A organização deste trabalho é constituída de sete capítulos principais, sendo eles: introdução; fundamentos e estudo preliminar da literatura; Revisão Sistemática da Literatura; descrição da proposta; avaliação da proposta com professores; avaliação com desenvolvedores; e conclusão. Visando agregar informações sobre cada capítulo foi elaborada uma breve descrição como segue:

Capítulo 1 - Introdução: Agrega informações sobre o contexto onde a pesquisa está inserida e a definição sobre a metodologia adotada para conduzir o estudo;

Capítulo 2 - Fundamentos: Possui a definição das áreas de pesquisa que permeiam o contexto proposto, há também uma definição e aprofundamento sobre a obra de [Munzner \(2014\)](#), adotada como *baseline* na principal área que tange a pesquisa;

Capítulo 3 - Revisão Sistemática da Literatura: Condensa informações sobre o planejamento, condução e resultados de uma revisão sistemática realizada para coletar informações sobre como a comunidade de informática na educação tem conduzido o processo de desenvolvimento de visualizações levando em conta os aspectos da interação do usuário;

Capítulo 4 - Descrição da Proposta: Contém todas as informações sobre o processo de construção do guia de recomendações para aplicação de visualizações no contexto educacional intitulado **Vis2Learning**, que é a principal contribuição deste trabalho. Encontra-se neste capítulo a descrição do processo de construção da primeira versão da proposta, o processo de validação por um trio de especialistas, a definição da proposta final e uma subseção para o guia em sua forma final. Além da descrição das etapas e resultados de cada processo, há também os *links* para o *Google Drive* de todos os artefatos gerados durante os processos descritos;

Capítulo 5 - Avaliação com professores: Uma avaliação foi realizada tendo em vista os **usuários finais das visualizações** interagindo com um conjunto de visualizações que continham gráficos desenvolvidos com base no Vis2Learning e outros com base no algoritmo do *Google Sheets*;

Capítulo 6 - Avaliação com desenvolvedores: Outra avaliação foi realizada levando em consideração os usuários finais do Vis2Learning, os **desenvolvedores**, utilizando as recomendações do guia para desenvolver soluções para dois cenários propostos.

Capítulo 7 - Conclusão: Apresenta a conclusão geral do trabalho, as limitações da proposta, e sugestões de trabalhos futuros.

2 Fundamentos e Estudo Preliminar

2.1 Considerações iniciais

A aplicação dos conceitos de InfoVis para guiar o desenvolvimento de visualizações é utilizado para mitigar problemas relacionados a UX (MUNZNER, 2014; WARE, 2012). Norman e Nielsen (2018) definem UX como sendo o sentimento do usuário sobre todos os aspectos relacionados a sua interação com o produto. Law et al. (2009) aponta que parte da UX é influenciada pela usabilidade do produto. A ISO 9241-11 define usabilidade como sendo: “a capacidade de um produto ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso” (ISO, 1998). Ou seja, usabilidade é um atributo relacionado à qualidade da interação e satisfação do usuário em relação a facilidade de uso apresentada por um produto (NIELSEN, 1993). Uma boa usabilidade é definida quando o produto apresenta interação da forma mais natural possível (SANTOS; NETO, 2017; NORMAN; NIELSEN, 2018). Este capítulo aborda os esforços relativos a **etapa A** da metodologia do projeto de mestrado.

2.2 *E-learning* e Dados Educacionais

E-Learning pode ser definido como uma modalidade de aprendizado que é facilitada pela criação de um ambiente flexível suportado por tecnologias de informação e comunicação, como a *Web* (DOWNES, 2005). O *e-learning* permite que os alunos personalizem o processo de ensino-aprendizagem de acordo com suas disponibilidades e se tornem autores de seus próprios caminhos de aprendizagem de acordo com os materiais e atividades fornecidas pelos professores (DOWNES, 2005). Por se tratar de um ambiente *online* é possível armazenar toda informação relacionada a interação dos alunos com a plataforma, estes dados são categorizados pela literatura como “**Dados Educacionais**” (JORDÃO VILMA E GONÇALVES, 2014; VIEIRA; PARSONS; BYRD, 2018; MOISSA; GASPARINI; KEMCZINSKI, 2015).

Os Dados Educacionais compreendem informações dos alunos como: dados demográficos; atividades realizadas; tempo gasto nos materiais de ensino; notas; interações no fórum; entre outras informações relacionadas ao contexto escolar (TERVAKARI et al., 2014; BARROS; SILVA; GUEDES, 2017). De acordo com a experiência de Barbosa et al. (2017), os Dados Educacionais são numerosos e complexos de serem entendidos sem um devido tratamento. Majumdar e Iyer (2016) apontam que uma abordagem mais específica baseado em uma análise visual pode ser mais reveladora.

Através da visualização de médias, padrões de distribuição, análise histórica, e relações entre variáveis é possível perceber fenômenos e encontrar problemas na condução de um curso ou disciplina (BRONNIMANN et al., 2018; MENEZES et al., 2016; MAJUMDAR; IYER, 2016). Reyes (2015) apontam que sem a utilização de uma abordagem visual, é necessário que o usuário empregue técnicas de estatística para a extração de informações que não são facilmente observadas a partir dos dados brutos.

2.3 Visualização da Informação

A área de Visualização da Informação (InfoVis) atua para potencializar as capacidades cognitivas de usuários que desenvolvem suas tarefas baseadas na análise de dados (MUNZNER, 2014; CARD; JACKO, 2012). Não faz parte dos objetivos da área a substituição do humano no processo de decisão, mas sim a ampliação das capacidades de percepção humana evitando que o usuário realize muitos esforços na etapa de preparação dos dados em detrimento da interpretação e tomada de decisão (CARD; MACKINLAY; SHNEIDERMAN, 1999). Uma ferramenta desenvolvida baseada nos princípios da Visualização da Informação deve possuir mais que imagens sofisticadas, ela deve amplificar e permitir a percepção sobre propriedades emergentes dos dados como: padrões; desvios; agrupamentos; tendências; e etc. (WARE, 2012; CARD; JACKO, 2012).

Na área de Educação estas ferramentas tem como foco entregar aos tomadores de decisão informações relevantes para auxiliar a condução de avaliações, melhoramentos do processo de ensino e o acompanhamento de desempenho dos alunos através da visualização dos Dados Educacionais (NUNES, 2015; SCHWENDIMANN et al., 2017; ANGELI et al., 2017; MENEZES et al., 2016). Barbosa et al. (2017) afirmam que os responsáveis que praticam essas análises geralmente ficam presos à ferramentas não específicas para o contexto por não possuírem conhecimentos avançados de Computação, limitando assim as possibilidades de apresentação dos dados.

Tervakari et al. (2014) relatam que as visualizações de dados que possuem agentes do cenário educacional como público-alvo necessitam ser simples, diretas e mostrar um dado relevante sem a necessidade de realizar um grande esforço ou possuir conhecimentos estatísticos. Esta descrição é compatível com os objetivos de InfoVis descritos pelos autores Jordão Vilma e Gonçalves (2014) e Guimar (2014).

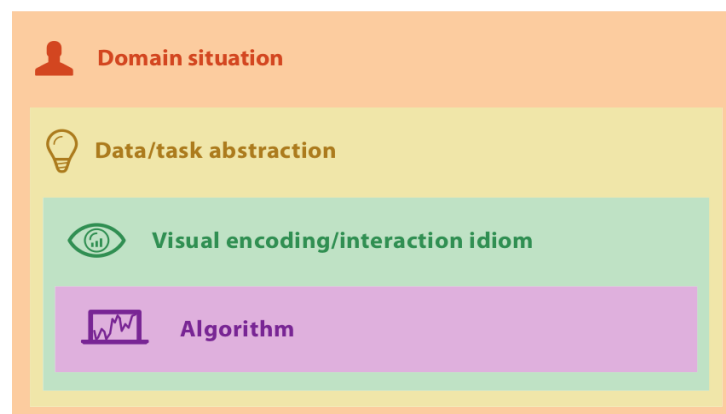
2.4 InfoVis por Munzner

O *framework* definido por Munzner (2014) é focado em nortear a avaliação e auxiliar o desenvolvimento de visualizações baseadas nos dados, tarefas e o domínio do usuário. Para a autora, o foco do processo deve ficar em “*What, Why and How*”, ou seja, as

perguntas a serem respondidas durante a interação com o processo de desenvolvimento das visualizações são: (*what?*) que dados o usuário deseja ver?; (*why?*) porque ele pretende usar o sistema?; e (*how?*) como mostrar as informações de uma maneira eficiente?. As questões tem como objetivo auxiliar o *designer* a contextualizar a visualização para permitir a escolha adequada do “idioma da visualização”.

Munzner (2014) define “idioma da visualização” como a maneira com que o usuário é comunicado acerca dos dados, e pode ser percebido por: formatos de gráficos; funcionalidades de interação (*zoom*, *pinch*, etc.); navegação entre diferentes níveis da informação (granularidade); entre outras funcionalidades. Um idioma mal definido pode resultar em ferramentas com baixa adesão por parte do público-alvo sob alegação de que o produto não é útil para o trabalho.

Figura 2: Quatro níveis aninhados para avaliação e desenvolvimento de visualizações proposto por Munzner (2014)



Fonte: Munzner (2014)

Para responder as questões de foco, um processo de quatro níveis é proposto (Figura 2) com o objetivo de somar o conhecimento e o domínio do usuário sobre seu trabalho, aos conhecimentos adquiridos pelo pesquisador durante a investigação sobre o contexto do público-alvo. Cada nível pode ser entendido como uma etapa de desenvolvimento que deve ser executado de maneira sequencial, pois o resultado de cada uma influencia o desenvolvimento da próxima. A definição das responsabilidades de cada nível pode ser descrito como segue:

- “**Domain Situation**” é a primeira etapa, trata da investigação do domínio do público-alvo buscando entender o fluxo das informações e as particularidades do trabalho. A precisão das informações desta etapa são fundamentais para garantir que as decisões das próximas etapas sejam tomadas levando em conta o cenário real de aplicação;

- “*Data/task abstraction*” é onde o pesquisador deve definir quais são os dados que afetam o trabalho do usuário e suas origens. Após a aquisição é necessário abstrair os dados para definir um planejamento sobre como será feito (se necessário) a transformação ou tratamento. A correta execução desta etapa surge como uma possível solução aos problemas relacionados à necessidade de conhecimentos de Computação mencionados pelos autores [Angeli et al. \(2017\)](#) e [Padilha e Souza \(2017\)](#);
- “*Visual encoding/interaction*” surge logo após a abstração e definição do formato dos dados pois é onde o pesquisador irá definir como o usuário verá as informações e quais serão as funcionalidades ao seu dispor. O resultado desta etapa é conhecido como “idioma da visualização” e compreende não só os formatos de visualização como as funções de exploração e interação com os dados. O idioma deve ser de fácil entendimento e deve habilitar o usuário a compreender e extrair **conhecimento** das visualizações ([WARE, 2012](#); [MUNZNER, 2014](#)). A falta de rigor nesta etapa pode acarretar em problemas, como apontado por [Tervakari et al. \(2014\)](#), onde o usuário não consegue interagir com a visualização;
- “*Algorithm*” é a etapa onde as considerações anteriores serão aplicadas para desenvolver a visualização, neste ponto são levadas em consideração questões inerentes ao contexto da aplicação como o desempenho das visualizações, a linguagem/plataforma utilizada, a complexidade computacional envolvida nas análises, entre outras questões técnicas. É importante alocar corretamente os recursos para que a infraestrutura não comprometa o desempenho do usuário em suas tarefas.

Concomitante às etapas, um processo de validação das escolhas é sugerido. [Munzner \(2014\)](#) aponta que o termo **validação** é melhor que **avaliação** pois o termo validação sugere que esta ação possa ocorrer (e deve) desde o início do projeto, enquanto a avaliação ocorre apenas ao fim. [Munzner \(2014\)](#) faz um paralelo entre problemas comuns que são relatados pelos usuários das visualizações e como estes poderiam ser evitados com a correta aplicação das etapas. As recomendações são genéricas e não tratam sobre um público específico, o foco é agregar ao pesquisador conhecimentos adquiridos com base em experiências sobre o desenvolvimento de visualizações visando atender o usuário dentro de seu contexto de uso.

Para agregar uma visão geral sobre o livro de [Munzner \(2014\)](#) foi elaborado um infográfico ([Figura 3](#)) contendo um detalhamento sobre as etapas propostas, neste está disposto as quatro etapas e os seguintes tópicos a elas associadas: descrição da etapa; tarefas recomendadas; resultados esperados (sobre as tarefas); possíveis problemas relacionados a má execução das tarefas; possíveis causas dos problemas; e sugestões de abordagem para validação de cada etapa.

Figura 3: Infográfico desenvolvido sobre a obra de Munzner (2014)



Para uma melhor visualização o infográfico está disponível no *Google Drive*: <<https://drive.google.com/open?id=190OF1H3p3cnws0Taz3acEfn2dSRu-eBq>>

Fonte: elaborado pelo autor

2.5 Estudo preliminar da literatura

Um estudo preliminar da literatura foi realizado para encontrar trabalhos que desenvolveram visualizações sobre Dados Educacionais. O objetivo deste estudo foi observar as características relacionadas ao processo de desenvolvimento das visualizações seguido pelos autores, e com isto identificar possíveis lacunas de pesquisa através das dificuldades ou problemas relatados nos trabalhos encontrados.

A literatura aborda alguns trabalhos que descrevem o desenvolvimento de ferramentas de visualização para Dados Educacionais voltados a análise do processo de ensino-aprendizagem (MAJUMDAR; IYER, 2016; SUN et al., 2016; MENEZES et al., 2016). Porém, Reyes (2015) notou que na maioria dos casos as aplicações possuem caráter de protótipo, não são reproduzíveis fora do contexto da pesquisa e dependem de um profissional da Computação para a utilização. Algumas das aplicações demandam muitas atividades manuais para inserir os dados nas ferramentas, exigindo do usuário conhecimentos sólidos de Computação (ANGELI et al., 2017; PADILHA; SOUZA, 2017).

Mohamad e Tasir (2013), Nunes (2015) e Liu et al. (2014) versam sobre o foco excessivo na aplicação de métodos avançados de Computação e a ausência do público-alvo no processo de desenvolvimento, isto justifica o fato de algumas ferramentas exigirem um alto conhecimento na área de Computação para sua utilização. Liu et al. (2014) afirmam que para evitar estes problemas o público-alvo deve participar do processo de desenvolvimento, por se tratar de um problema do mundo real.

Reyes (2015), Angeli et al. (2017) e Padilha e Souza (2017) reforçam a necessidade de que os produtos voltados a análise dos dados educacionais precisam ser *user friendly*, pois os usuários geralmente são de diversas áreas do conhecimento. Além disso, os autores descrevem a importância de incluir o conhecimento do usuário durante o processo de desenvolvimento para gerar produtos com esta característica.

Rigo et al. (2014) afirmam que analisar as áreas tangentes e também o domínio do problema é tão importante quanto os métodos da Computação, e serve para expandir os conhecimentos e atuar na solução do problema real. No trabalho de Akanmu e Jamaludin (2014) é possível perceber a preocupação com as áreas tangentes. Os autores, ao sugerirem um método de desenvolvimento de visualizações voltadas a Dados Educacionais de ensino superior, adaptaram as características do método UCD (*User Centered Design*) baseado no domínio do problema.

Vieira, Parsons e Byrd (2018) realizaram um MSL sobre trabalhos que desenvolveram visualizações utilizando Dados Educacionais. O objetivo dos autores foi quantificar, em notas de 0 a 10, a profundidade/qualidade de aplicação dos conceitos de: Visualização da Informação; teorias educacionais; e análise de dados históricos dos alunos. Como resultado os autores concluíram que no contexto da pesquisa não haviam trabalhos que aplicavam os

três conceitos buscados, em nenhum dos trabalhos analisados houve aplicação satisfatória de mais de um conceito.

Rigo et al. (2014) e Guimar (2014) conceituam sobre o problema de considerar usuários como “seres humanos genéricos”, pois isto suprime necessidades e experiências que são específicas do contexto. Isso reforça a ideia apontada por Reyes (2015) sobre a necessidade de adotar os conceitos de **InfoVis** para que a solução possa dar suporte ao público-alvo, que não possui necessariamente conhecimentos de Estatística ou Computação.

Munzner (2014) aponta alguns casos típicos de visualizações ineficientes e suas causas. Uma das causas apontadas pela autora é a falta de metodologia durante o processo de desenvolvimento de visualizações, resultando em produtos que não cobrem as necessidades do usuário e podem não ser úteis para o trabalho. Lucena, Silva e Oliveira (2015) versam sobre um processo de desenvolvimento onde não houve coleta com o usuário e também não foi realizada pesquisa bibliográfica acerca do domínio do problema. Como resultado, na avaliação foi possível notar que o sistema não teve aceitação pelo público-alvo sob a alegação que a ferramenta possuía pouca ou nenhuma utilidade.

Além dos trabalhos descritos anteriormente, existem outros que apresentaram uma descrição mais pontual sobre suas contribuições. Para agregar uma visão geral sobre estes trabalhos foi elaborada uma lista que está disposta a seguir:

- O trabalho de Sun et al. (2016) conta com avançadas técnicas de mineração de dados; interpretação de linguagem natural; e algoritmos para gerar visualizações em rede. O objetivo foi mostrar de maneira gráfica o resultado da mineração de opinião pública sobre conteúdos de educação (artigos). O trabalho não aborda participação do usuário no processo de desenvolvimento ou validação da proposta;
- Durante 1 ano Tervakari et al. (2014) avaliaram o uso de um sistema de visualização de desenvolvimento próprio em um curso a distância. O sistema oferecia visualizações aos alunos em relação ao andamento da turma no ambiente de aprendizagem. O sistema foi bem avaliado pelos professores, porém, os alunos (público-alvo) apontaram pouco ou nenhum interesse na utilização;
- Majumdar e Iyer (2016) relatam o desenvolvimento de uma ferramenta de visualização para acompanhar os passos dos alunos no decorrer de uma atividade *peer instruction*¹. Visando entender quais alunos estão melhorando e quais estão com dificuldades no processo, e não apenas no geral;
- Padilha e Souza (2017) relatam a aplicação de visualizações na análise dos Dados Educacionais. Os resultados mostraram informações novas e relevantes sobre o

¹ *Peer instruction*, ou instrução em pares, é um tipo de atividade onde os alunos se reúnem em duplas e tem a oportunidade de discutir qual é a resposta certa para um determinado problema, após a primeira discussão todas as duplas da sala podem interagir a fim de realizar a escolha final da resposta certa

processo de ensino-aprendizagem. Na pesquisa desenvolvida pelos autores, com base em visualizações, foi possível prever as notas dos alunos e avaliar a qualidade dos materiais usados em sala;

- [Menezes et al. \(2016\)](#) desenvolveram uma ferramenta que mostra o *design* instrucional de uma disciplina e aponta os caminhos percorridos pelos alunos, tornando possível a detecção de zonas problemáticas. A ferramenta tem a funcionalidade de extrair os dados da base da instituição, possui o *design* instrucional do curso de maneira gráfica e com isso habilita professores de qualquer área do conhecimento a utilizar o sistema.

2.6 Considerações finais

A busca preliminar na literatura apresentou trabalhos sobre visualização de dados em contextos educacionais. Porém, observa-se a presença de lacunas, tais como: trabalhos sem contar com o usuário no processo de desenvolvimento; ausência de artefatos para guiar o processo de desenvolvimento; e ferramentas com pouca usabilidade por pesquisadores que não sejam da área de Computação ([NUNES, 2015](#); [VIEIRA](#); [PARSONS](#); [BYRD, 2018](#)). Com base nestes resultados sentiu-se a necessidade de um aprofundamento na literatura para compreender quais abordagens considerando técnicas de IHC tem sido utilizadas neste contexto, para isto foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

3 Revisão Sistemática da Literatura

3.1 Considerações iniciais

Visualização da Informação é a área que explora tópicos que auxiliam o desenvolvimento de visualizações. Do ponto de vista da Interação Humano Computador (IHC) o seu objetivo é fornecer ao usuário, através de processamentos prévios e gráficos, entendimento facilitado acerca de grandes quantidades de dados reduzindo o esforço para o entendimento da informação (GUIMAR, 2014; MUNZNER, 2014). Para auxiliar a tomada de decisão referente ao processo de ensino-aprendizagem, a literatura apresenta um crescente interesse da comunidade de educação na utilização de ferramentas baseadas em Visualização da Informação (CARVALHO; NEVES; MELO, 2016; RIGO et al., 2014; REYES, 2015).

Como desafio da área Schwendimann et al. (2017) argumentam que faltam investigações sobre técnicas que auxiliem o desenvolvimento das visualizações gráficas de maneira adequada ao público-alvo. Os autores relacionam o desafio com a falta de pesquisa com foco em *User eXperience* (UX) e usabilidade nas visualizações de Dados Educacionais. Norman e Nielsen (2018) definem UX como sendo o sentimento do usuário sobre todos os aspectos relacionados ao produto, enquanto usabilidade esta relacionada à qualidade da interação e satisfação.

Considerando a importância da construção de visualizações que auxiliem o usuário dentro do contexto educacional, voltado ao acompanhamento do aprendizado, justifica-se a necessidade de realizar uma pesquisa mais detalhada sobre como os aspectos da interação do usuário tem sido trabalhados. Neste trabalho considera-se como “acompanhamento do aprendizado” as interações feitas com os dados a fim de analisar os resultados obtidos pelos alunos durante o processo de aprendizagem em relação a um curso ou disciplina.

Áreas recentes como a de Visualização da Informação para Dados Educacionais (SCHWENDIMANN et al., 2017), apresentam seu estado da arte ainda em construção (NUNES, 2015; GAŠEVIĆ; DAWSON; SIEMENS, 2015). Para se definir o estado da arte de áreas menos maduras, ou em ascensão, Revisões Sistemáticas da Literatura (RSL) são recomendadas (PETERSEN et al., 2008). RSL consiste em um método de pesquisa voltado a selecionar estudos primários¹, por meio de critérios, e extrair suas contribuições para responder perguntas de pesquisa previamente definidas (PETERSEN et al., 2008).

O objetivo desta revisão sistemática foi mapear como os aspectos de IHC tem sido

¹ Estudos primários descrevem atuações empíricas e seus resultados. Estudos secundários apresentam uma revisão de trabalhos primários a fim de sintetizar evidências sobre uma questão de pesquisa (CAMPANA, 1999)

abordados no desenvolvimento de visualizações de Dados Educacionais, e está relacionada a **etapa B** da metodologia do projeto de mestrado. Para isto foi realizado um RSL seguindo os fundamentos e premissas propostos por [Petersen et al. \(2008\)](#). Como contribuição esta revisão apresenta uma investigação sobre o estado da arte no contexto de Visualização da Informação sobre Dados Educacionais considerando como fator relevante a interação do usuário. Os resultados da RSL apontaram que há uma lacuna de pesquisa sobre o desenvolvimento e aplicação de abordagens que levem em conta técnicas e métodos de IHC para a condução do desenvolvimento de visualizações dentro do contexto educacional.

3.2 Trabalhos relacionados

Uma busca na literatura foi conduzida para verificar a existência de trabalhos com resultados relevantes ao objetivo definido para a condução da RSL. Buscou-se trabalhos de cunho secundário (mapeamentos e revisões sistemáticas) que abrangessem a temática de visualização de dados no processo de ensino-aprendizagem. Os trabalhos encontrados são descritos a seguir.

Realizando um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) nas áreas de *Education Data Mining* (EDM) e *Learning Analytics* (LA), [Moissa, Gasparini e Kemczinski \(2015\)](#) concluem que 60,75% dos trabalhos fazem uso de visualizações para reportar dados e apenas 5,91% desenvolveram a própria visualização. A quantidade de trabalhos que não tiveram um processo de desenvolvimento das visualizações fornecem indícios de que os aspectos da interação do usuário não têm sido levados em consideração.

[Borba et al. \(2016\)](#) realizaram um MSL sobre como a trajetória de aprendizagem do aluno é capturada, medida e visualizada em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Dentro das visualizações fornecidas pelos trabalhos não foram percebidos recursos recomendados pela Visualização da Informação, como por exemplo a interação com os gráficos. O trabalho de [Borba et al. \(2016\)](#) também sugere que o idioma da visualização não tem sido trabalhado de acordo com os aspectos da interação do usuário, reiterando o resultado concluído em [Moissa, Gasparini e Kemczinski \(2015\)](#).

Com uma temática semelhante ao trabalho de [Borba et al. \(2016\)](#), [Dourado et al. \(2018\)](#) realizaram um MSL sobre o uso de técnicas de visualização de dados para análise dos processos de aprendizagem em um AVA. A conclusão dos autores supracitados tangenciam a mesma descoberta mostrando que recursos recomendados pela Visualização da Informação não estão presentes na maioria dos trabalhos. Ao considerar que entre as pesquisas citadas há uma diferença de dois anos, nota-se que a lacuna na consideração da interação do usuário não tem recebido esforços da comunidade.

[Vieira, Parsons e Byrd \(2018\)](#) realizaram um MSL com a intenção de encontrar trabalhos que continham os seguintes aspectos: visualizações desenvolvidas utilizando

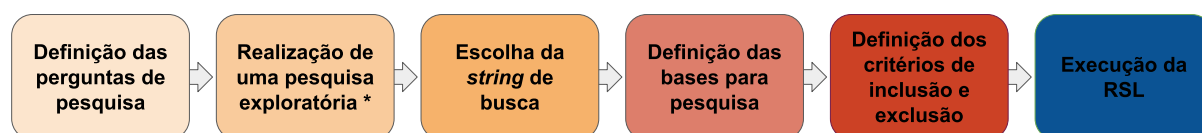
os princípios da Visualização da Informação; uso de teorias educacionais para escolha dos dados; e análise dos dados históricos do aluno. Os autores relataram que não foram encontrados trabalhos com profundidade na aplicação de mais de um desses aspectos. Percebe-se que há uma lacuna de pesquisa onde técnicas de IHC não têm sido utilizadas em visualizações desenvolvidas com cenários reais de uso, reiterando as conclusões anteriores (BORBA et al., 2016; MOISSA; GASPARINI; KEMCZINSKI, 2015; DOURADO et al., 2018).

Como resultado da busca inicial concluiu-se que a área de informática na educação tem empreendido esforços para o desenvolvimento de sistemas para visualização de Dados Educacionais. Porém, notou-se uma lacuna por estudos secundários que explorassem a interação do usuário com as visualizações e seus desdobramentos.

3.3 Metodologia

O protocolo de pesquisa definido para esta Revisão Sistemática da Literatura seguiu a proposta de Petersen et al. (2008). O processo foi composto por seis fases sequenciais, sendo: definição das perguntas de pesquisa; realização de uma pesquisa exploratória; escolha da *string* de busca; definição das bases de pesquisa; definição dos critérios de inclusão e exclusão; e a execução da RSL. Para ilustrar a ordem dos procedimentos foi elaborada a Figura 4.

Figura 4: Etapas realizadas durante o planejamento para a execução da RSL



* Pesquisa exploratória apresentada na seção 3.2

Fonte: elaborado pelo autor

3.4 Planejamento

Perguntas de pesquisa: O primeiro passo executado para o planejamento da Revisão Sistemática da Literatura foi a definição das perguntas de pesquisa, uma vez que todo o processo de condução da revisão seria baseado nos objetivos definidos pelas perguntas. O processo de definição das perguntas de pesquisa deu-se em face das lacunas descobertas pelo estudo preliminar da literatura apresentado na seção 2.5. A seguir está disposto uma descrição das perguntas de pesquisa associadas às motivações que embasaram as escolhas dos autores:

- **RQ1** - Quais abordagens que levam em consideração os aspectos da interação do usuário foram aplicadas para o desenvolvimento de visualizações de Dados Educacionais?
- **RQ2** - Quais são as etapas realizadas para o desenvolvimento de visualizações de dados no contexto de uso da educação?
 - **RQ2.1** - Qual a relação entre as etapas encontradas com as etapas do *framework* definido por Munzner (2014)?

Motivação: A **RQ1** foi definida visando coletar as abordagens que os pesquisadores têm utilizado para conduzir o desenvolvimento de visualizações dentro do cenário educacional, possibilitando assim uma análise sobre os elementos presentes nos processos de desenvolvimento com foco nas abordagens que são relativas à interação do usuário. Com um objetivo mais específico a **RQ2** e sua auxiliar tem a função de gerar evidências que demonstrem a proximidade entre as etapas do *framework* de Munzner (2014) e como a comunidade no domínio-alvo desta pesquisa tem trabalhado a questão, isto porque este *framework* fornece um guia estruturado e pautado nos princípios da área de interação humano-computador para o desenvolvimento de visualizações em diferentes domínios.

String de busca: A *string* de busca foi elaborada a partir da leitura de trabalhos seminais estudados e que seriam encontrados pela RSL. A formulação da *string* seguiu um padrão de dois grupos de termos ligados por um operador *AND*. O primeiro grupo reúne termos relacionados ao contexto de Educação por meio de ambientes virtuais enquanto o segundo grupo possui termos relacionados a Visualização da Informação. A *string* de número 14 foi a única que não seguiu este padrão por uma questão de experimentação.

Todas as versões da *string* de busca podem ser observadas na Tabela 1. Cada versão da *string* era executada nas bases escolhidas e seus resultados eram analisados em relação a quantidade de artigos retornados e as áreas de concentração das revistas de origem. A primeira versão da *string* retornou 63.715 artigos, ao analisar a lista de revistas encontradas foram notadas diversas ocorrências da área da saúde, como: *Progress in Neurobiology*; *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*; *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*; e *Trends in Neurosciences*. Apontando que a formulação estava muito genérica e não estava filtrando corretamente as contribuições buscadas.

Testes foram realizados adicionando os termos *e-learning* e *learning* no primeiro grupo para auxiliar na delimitação do contexto dos resultados. O melhor resultado foi obtido com o termo *e-learning* que resultou numa redução para 53.086 artigos, porém, assim como na primeira versão possuía ocorrências na área da saúde nos resultados. Optou-se por testar os efeitos da exclusão dos termos presentes no segundo grupo e com isso foi possível determinar quais eram os termos curinga para este contexto, possibilitando a redução dos termos e operadores lógicos sem suprimir resultados importantes.

Tabela 1: Lista das *strings* de busca testadas

#	String	Artigos
1	("AVA" OR "education" OR "learning" OR "LMS" OR "VLE" OR "Virtual learning system" OR "TEL") AND ("InfoVis" OR "Visualization" OR "Visualização" OR "Análise de aprendizagem" OR "Analytics" OR "LA")	63.715
2	(learning OR "AVA" OR education OR "LMS" OR "VLE" OR "Virtual learning system" OR "TEL") AND ("InfoVis" OR "Information Visualization" OR visualization OR Analytics OR "Visualização da Informação" OR "LA" OR "Visualização de dados")	53.086
3	("e-learning" OR "Ambiente virtual de aprendizagem" OR "AVA" OR "education" OR "learning" OR "learning management system" OR "LMS" OR "Virtual learning environment" OR "VLE" OR "Virtual learning system" OR "Technology Enhanced Learning" OR "TEL") AND ("Information Visuali*ation" OR "Data visuali*ation" OR "InfoVis" OR "Visual Analytics" OR "Visuali*ation" OR "Visualização da Informação" OR "Visualização de dados" OR "Learning Analytics" OR "Academic Analytics" OR "Análise de aprendizagem" OR "Analytics" OR "LA")	27.864
4	("e-learning" OR "Ambiente virtual de aprendizagem" OR "AVA") AND ("Information Visualization" OR "Data visualizaton" OR "Visualization" OR "InfoVis" OR "Visual Analytics" OR "Information Visualisation" OR "Data visualisation" OR "Visualisation") OR ("Visualização da Informação" OR "Visualização de dados")	1.900
5	("education" OR learning OR "VLE" OR "TEL") AND ("InfoVis" OR "Information Visualization" OR visualization OR analytics OR "Visualização da Informação" OR visualização OR "Análise de aprendizagem")	55.734
6	(education OR learning OR "TEL") AND ("Information Visualization" OR visualiza-tion OR "InfoVis" OR analytics)	55.586
7	(education OR learning OR "TEL" OR "LMS" OR "Learning Analytics") AND ("Infor-mation Visualization" OR visualization OR "InfoVis")	36.197
8	(education OR learning OR "TEL" OR "LMS" OR "VLE" OR "Virtual learning system" OR "Learning Analytics") AND ("Information Visualization" OR "Visualização da Informação" OR visualization OR "InfoVis")	23.953
9	("AVA" OR education OR learning OR "TEL" OR "LMS" OR "VLE" OR Analytics) AND ("Information Visualization" OR "Visualização da Informação" OR "Visualização de dados" OR "Visualisation" OR visualization OR "InfoVis")	29.781
10	(learning OR education OR aprendizagem) AND ("Information Visualization" OR "Data visualizaton" OR "InfoVis" OR Visualization OR "Visualização da Informação" OR "Visualização de dados")	35.085
11	(learning OR education) AND (Visualization OR Analytics OR InfoVis OR "Análise de aprendizagem" OR "Visualização da informação" OR "Data visualizaton")	53.771
12	("e-learning" OR "Ambiente virtual de aprendizagem" OR "AVA") AND (Visualization OR "InfoVis" OR Analytics OR "Information Visualisation" OR "Visualização da Informação" OR "Visualização de dados")	1.362
13	("e-learning" OR "AVA" OR "LMS" OR "VLE" OR "Virtual learning system" OR "TEL") AND (Analytics OR Visualization OR "Análise de aprendizagem" OR "InfoVis" OR "Visualização da Informação" OR "Visualização de dados")	4.206
14	("InfoVis" OR "Information Visualization" OR Visualization OR "Visualização da Informação" OR "Análise de aprendizagem" OR Analytics) AND (learning OR "AVA" OR education OR "LMS" OR "VLE" OR "Virtual learning system" OR "TEL")	54.241
15	(education OR learning) AND ("InfoVis" OR Visualization OR Analytics OR "Análise de aprendizagem" OR "Visualização da Informação")	53.772
16	("e-learning" OR "learning management system" OR "Virtual learning environment" OR "Virtual learning system" OR "Technology Enhanced Learning") AND ("Infor-mation Visualization" OR "Data visualization" OR "InfoVis" OR "Visual Analytics" OR "Learning Analytics" OR "Academic Analytics")	463
17	("e-learning") AND ("Information Visualization" OR "Data visualization" OR "InfoVis" OR "Visual Analytics" OR "Learning Analytics" OR "Academic Analytics")	1.207

Fonte: elaborado pelo autor

O mesmo procedimento de exclusão foi aplicado aos termos do primeiro grupo, notou-se que o termo *e-learning* de maneira isolada era suficiente para retornar os resultados desejáveis para o contexto que foi definido para a pesquisa. Por fim, após 17 interações chegou-se a *string* final de busca: “(“*e-learning*”) AND (“*Information Visualization*” OR “*Data visualization*” OR “*Info Vis*” OR “*Visual Analytics*” OR “*Learning Analytics*” OR “*Academic Analytics*”)”.

Bases de pesquisa: Para fornecer suporte a pesquisa foram escolhidos repositórios de artigos científicos que possuem grande abrangência e importância na área de Computação. Segundo resultados reportados por Buchinger, Cavalcanti e Hounsell (2014), os mecanismos de busca acadêmicos escolhidos foram: *ACM Digital Library*², *IEEE Explorer*³, *Scopus*⁴ e *Science@Direct*⁵. Além destes repositórios, o Portal de Publicações da CEIE⁶ foi adicionado para apresentar trabalhos importantes realizados pela comunidade Brasileira de Informática na Educação.

Crítérios de inclusão e exclusão: Foram critérios de inclusão: **(CI1)** o artigo deve focar em visualizações que tem o objetivo de auxiliar o acompanhamento do aprendizado; **(CI2)** o artigo deve possuir carácter primário e conter 4 páginas ou mais; **(CI3)** o artigo deve ter sido escrito em Inglês ou Português; **(CI4)** o artigo deve ter sido publicado em eventos ou periódicos científicos; **(CI5)** o artigo deve descrever trabalhos que abordam visualização de dados no contexto de aplicações educacionais. Os critérios de exclusão definidos foram: **(CE1)** artigos onde o foco principal é a mineração de dados e não a visualização; **(CE2)** artigos repetidos; **(CE3)** artigos sem acesso livre a partir do portal da CAPES⁷.

3.5 Execução

A busca ocorreu no dia 23/01/2019, onde primeiro aplicou-se a *string* de busca em todas as bases. Para as bases internacionais a *string* foi aplicada diretamente no campo de busca avançada. Como as publicações do portal da CEIE (Informática na Educação) estão dentro do escopo da pesquisa, a palavra-chave “*e-learning*” (aprendizagem eletrônica) foi removida para ampliar os resultados. A seleção dos artigos foi realizada quando estes atendiam todos os critérios de inclusão e nenhum dos critérios de exclusão. Ao total a busca retornou 1207 artigos, sendo: *ACM*(192), *IEEE*(156), *Science@Direct*(235), *Scopus*(583) e *CEIE*(41). Os resultados de todas as bases foram baixados manualmente, visto que

² <<https://dl.acm.org/>>

³ <<https://ieeexplore.ieee.org>>

⁴ <<https://www.scopus.com>>

⁵ <<https://www.sciencedirect.com/>>

⁶ <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/>>

⁷ Acesso às bases foi realizado pelo sistema CAFé

as ferramentas automáticas não baixaram todos os arquivos apresentados pelo motor de busca.

O procedimento de análise dos artigos foi dividido em duas etapas principais. Na primeira aplicou-se os critérios **CE2** e **CE3** em todos os 1207 artigos. A aplicação da segunda etapa foi dividida em duas fases, na primeira fase aplicou-se os critérios **CI2** e **CI3** visando reduzir a quantidade de artigos que seriam submetidos a leitura do resumo e conclusão para aplicação do restante dos critérios (**CI1**, **CI4**, **CI5** e **CE1**). Após as duas etapas principais restaram 47 artigos selecionados que foram lidos integralmente, a lista com os artigos selecionados está disponível no *Google Drive*⁸. Uma visão geral sobre as etapas executadas durante a seleção dos artigos e as quantidades resultantes de cada ação é apresentada na *Figura 5*. A *Figura 6* apresenta a distribuição dos artigos selecionados ano a ano e os totais de cada base na legenda, observa-se que há um crescimento de produções a partir do ano de 2012.

Para verificar a confiabilidade sobre as aceitações dos artigos usou-se o índice *Kappa*. *Kappa* representa a relação de concordância entre avaliadores na classificação de itens, seu resultado pode variar entre -1 e 1 sendo classificado da seguinte maneira: não existe concordância (-1 - 0); concordância mínima (0 - 0,20); concordância razoável (0,21 - 0,40); concordância moderada (0,41 - 0,60); concordância substancial (0,61 - 0,80); e concordância quase perfeita (0,81 - 1) (FLEISS, 1981).

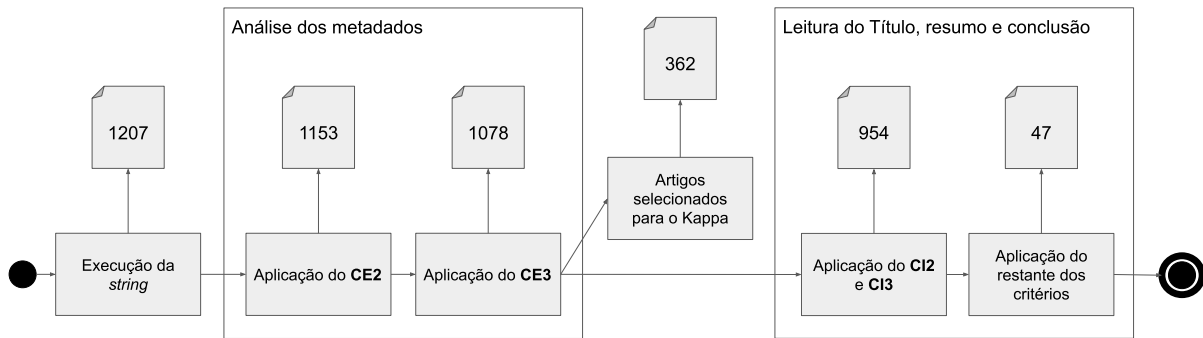
Dois pesquisadores da área de visualização da informação em *e-learning* avaliaram uma amostra aleatória contendo 362 artigos para realizar a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, esta amostra representa 30% do total dos artigos e possui exemplares contemplando todas as bases científicas. A etapa de seleção dos artigos para a aplicação do *Kappa* está representada na *Figura 5*. Os 1078 artigos resultantes da primeira etapa de seleção foram organizados por base científica e ordenados por ordem alfabética para receber um número sequencial de 1 a 1078. Um sistema⁹ para sorteio de números não repetidos foi utilizado para selecionar 362 ocorrências neste intervalo (1 - 1078). Os artigos que possuíam o identificador igual aos números sorteados foram os escolhidos para o teste, garantindo a aleatoriedade da amostra. A lista com os artigos selecionados está disponível no *Google Drive*¹⁰. Após a aplicação dos critérios e execução dos cálculos, a taxa de aceitação relativa entre os pesquisadores foi de 97%, resultando na pontuação de **0,69** no índice *Kappa*, situando o processo de análise dos artigos em um **nível substancial de concordância** (FLEISS, 1981).

⁸ <https://drive.google.com/open?id=1RjHx60VQEwVRe-LoRiOPMNS6t6RUE_M-fIMj7Od4X_Cc>

⁹ <<https://sorteador.com.br/sorteador/resultado/1562747>>

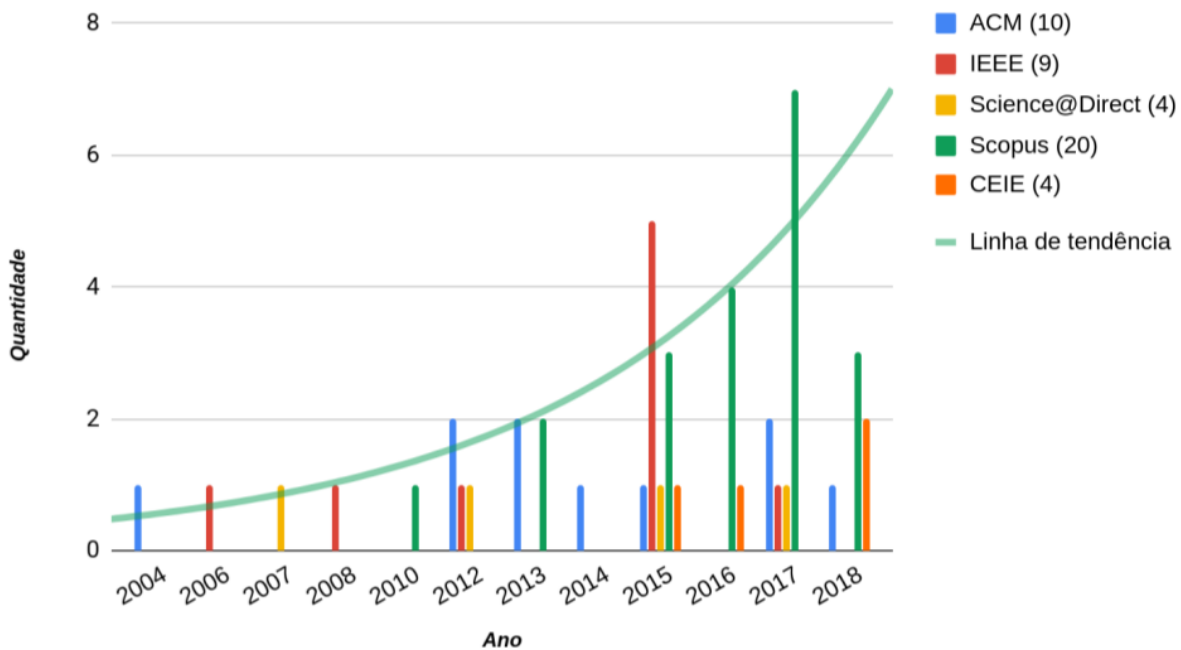
¹⁰ <<https://drive.google.com/open?id=1Hqwst1aN6c2b4gJtc-Yj0AWncKmp25Jnt1Xv6obI7XQ>>

Figura 5: Etapas realizadas durante a seleção dos artigos para a RSL



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 6: Distribuição das publicações aceitas após aplicação de todos os critérios



Fonte: elaborado pelo autor

3.6 Resultados

Grande parte dos trabalhos excluídos eram da área de Educação, porém, referentes a mineração de dados e modelos de algoritmos para mineração de padrões, apontando uma tendência da comunidade em atuar sobre os métodos de programação e não sobre as questões relacionadas a IHC. Esta característica reafirma os resultados encontrados por [Mohamad e Tasir \(2013\)](#), os autores afirmam que as soluções propostas pela comunidade apresentam grande sofisticação em relação aos algoritmos e pouca atenção sobre a usabilidade por usuários não ligados à Computação, que são grande parte do público-alvo.

Outro motivo para a falta de aderência aos critérios foi que dentre os trabalhos notou-se a utilização dos termos “*information visualization*” e “*data visualization*” para

se referir a resultados textuais expressos por algoritmos, com pouco ou nenhum uso de formatos de visualização de dados. [Angeli et al. \(2017\)](#) concluíram que as ferramentas de mineração podem fornecer resultados valiosos para o melhoramento do processo de ensino-aprendizagem, porém, nenhuma das ferramentas analisadas pelos autores entregava os resultados de maneira gráfica, os dados fornecidos pelas ferramentas como “resultado” ainda necessitavam de análises estatísticas para posteriormente gerar uma visualização. Além disso o manuseio das ferramentas eram realizadas por meio de comandos, exigindo conhecimentos de Computação. As subseções seguintes apresentam as respostas às perguntas de pesquisa definidas e apresentadas na [seção 3.4](#).

3.6.1 RQ1 - Quais abordagens que levam em consideração os aspectos da interação do usuário foram aplicadas para o desenvolvimento de visualizações de Dados Educacionais?

Para o explorar os artigos que compõem à resposta para esta questão de pesquisa entendeu-se como **abordagens** todas as metodologias, técnicas, *guidelines*, *frameworks*, práticas e processos que foram utilizados pelos autores durante o desenvolvimento das visualizações. Estas abordagens foram consideradas independentemente de quais foram os objetivos de sua utilização (construção, avaliação, refino, etc.). Para categorizar os artigos selecionados em relação às abordagens utilizadas foi construída a [Tabela 2](#), sua organização é composta pela citação do artigo, uma coluna com as abordagens utilizadas para **construção** e outra com abordagens utilizadas para **avaliação**.

Em relação às abordagens para construção observou-se a utilização de: pesquisas AD-HOC (quando o autor executou uma pesquisa na literatura em busca de uma solução específica para o contexto); entrevistas; prototipagem; procedimentos próprios (P.P) desenvolvidos para guiar o processo; e métodos definidos na literatura, sendo estes as obras de: [Card e Mackinlay \(1997\)](#); [Card, Mackinlay e Shneiderman \(1999\)](#); [Few \(2013\)](#) e [Klerkx, Verbert e Duval \(2017\)](#). Sobre a perspectiva de avaliação observou-se a utilização de: estudos de caso; prototipagem; entrevistas; questionários próprio e TAM (*Technology Acceptance Model*); comparação da solução com a literatura (similar ao AD-HOC); e citação a uma abordagem definida por [Lee et al. \(2016\)](#).

A abordagem definida pelos autores [Card e Mackinlay \(1997\)](#) e expandida por [Card, Mackinlay e Shneiderman \(1999\)](#) trata-se de um *framework* baseado nas características dos dados e em suas possibilidades de representação que mantenham a semântica das informações. Sua organização é feita com base no formato da visualização e para cada formato existem informações sobre como a visualização se comporta em relação aos dados representados (texto, números inteiros, porcentagem, etc.). Esta abordagem não leva em consideração os aspectos da interação do usuário, pois é voltada ao estudo da morfologia das visualizações sem considerar o contexto do usuário.

A obra de Few (2013) aborda boas práticas para o desenvolvimento de *dashboards* embasado na ciência cognitiva, as dicas fornecidas pelo autor foram obtidas através de experiências com usuários imersos em diversos contextos de uso. No mesmo contexto, Klerkx, Verbert e Duval (2017) propõe um guia para o desenvolvimento de *dashboards* específicos para a visualização de caminhos de aprendizagem, em sua obra são descritas etapas para: investigar o contexto de onde a visualização será inserida; quais são os objetivos dos interessados; e uma investigação sobre como os dados podem ser mostrados de uma maneira eficiente. Suas etapas serão apresentadas e discutidas na subseção 3.6.2.

A principal abordagem observada nos trabalhos foi a aplicação de pesquisas **AD-HOC**. Para o contexto desta análise foi considerado como **AD-HOC** todas as pesquisas realizadas na literatura com o objetivo de encontrar exemplos para basear a proposta. De modo geral os autores embasaram a construção das visualizações com pesquisas a trabalhos relacionados situados nas áreas de: *Business Intelligence* (BI); Educação; *Educational Data Mining* (EDM); *Information Visualization* (InfoVis); e Learning Analytics (LA). Como exemplo deste tipo de pesquisa aplicada ao desenvolvimento pode-se observar o processo descrito por Pesare, Roselli e Rossano (2016): “*To achieve these goals we analyzed the predictors and indicators, the learning analytics techniques and the actions and responses proposed in the literature in order to properly design our dashboards*”.

Os trabalhos que envolveram algum procedimento definido na literatura durante a etapa de construção da visualização também aplicaram outras abordagens em conjunto, a seguir é apresentada uma visão geral sobre cada trabalho que aplicou procedimentos definidos na literatura:

- Pesare, Roselli e Rossano (2016) desenvolveram dois *dashboards* voltados para professores e alunos. Para realizar as escolhas de *design* utilizou-se da obra de Few (2013) e pesquisas **AD-HOC** na área de **LA**. Além das lições reportadas por Few (2013) os autores tiveram a necessidade de ampliar o desenvolvimento com a pesquisa **AD-HOC** em **LA**, pois a obra supracitada não possui contextualização no cenário educacional;
- Pesare, Roselli e Rossano (2016) desenvolveram um *plugin* que adiciona visualizações ao Moodle¹¹. Para guiar o processo de desenvolvimento os princípios de Few (2013) foram utilizados e para as escolhas de *design* foi realizada uma pesquisa **AD-HOC** na área de InfoVis para se obter exemplos de visualizações. Os usuários (professores e alunos) foram incluídos no processo de desenvolvimento para elencar as necessidades e validar as visualizações durante a produção;
- Mazza e Dimitrova (2004) desenvolveram um sistema para visualização de dados de ambientes educacionais *online* para auxiliar professores na identificação do com-

¹¹ Sistema para gerenciamento de cursos *online*

portamentos dos alunos. Para o *design* foi utilizada a obra de [Card, Mackinlay e Shneiderman \(1999\)](#). Os autores realizaram uma pesquisa **AD-HOC** em **InfoVis** para definir os elementos de interação das visualizações, visto que a obra supracitada aborda apenas às possibilidades de representação de dados que não possuem correspondência com objetos tangíveis, utilizando visualizações não-tradicionais e mantendo a semântica das informações;

- [Mazza e Dimitrova \(2007\)](#) desenvolveram o CourseVis, um *plugin* que adiciona visualizações para o WebCT (sistema para gerenciamento de cursos *online*). O desenvolvimento das visualizações é baseado na obra de [Card e Mackinlay \(1997\)](#) e em pesquisas **AD-HOC** de **InfoVis**. Além de observar a literatura os autores realizaram **entrevistas** com usuário para definir quais eram os requisitos e as expectativas sobre a ferramenta. Os autores pontuam que os motivos que levaram a definição de um processo de desenvolvimento incluindo o usuário foi que as ferramentas existentes não incluem os aspectos do usuário pois não são testadas empiricamente;
- [Costa et al. \(2013\)](#) desenvolveram um sistema que apresenta visualizações sobre Dados Educacionais baseado em reconhecimento facial. Para visualizar os dados de um determinado aluno o professor deve apontar a câmera para ele. Para guiar a escolha sobre os formatos de visualização foi utilizada a obra de ([CARD; MACKINLAY; SHNEIDERMAN, 1999](#)) e pesquisas **AD-HOC** em **InfoVis** para contextualizar as visualizações na área educacional. Para gerar os gráficos foi utilizado a ferramenta *Prisma tool*;
- [Park, Cho e Son \(2017\)](#) desenvolveram um *dashboard* para alunos e professores acompanharem o processo de leitura de *e-books*. O processo de desenvolvimento foi baseado em uma pesquisa **AD-HOC** sobre trabalhos de LA que executaram testes de usabilidade com o usuário, além da pesquisa, o guia proposto por [Klerkx, Verbert e Duval \(2017\)](#) foi utilizado. Para determinar os requisitos do sistema alunos e professores responderam a um **questionário**. Com base nos tipos de dados levantados pelos requisitos os autores criaram alguns **protótipos** de visualização e apresentaram para os entrevistados para que eles determinassem qual era a melhor;
- [Alves et al. \(2018a\)](#) e [Alves et al. \(2018b\)](#)¹² determinaram o objetivo de avaliar se o gráfico de coordenadas paralelas era adequado para visualizar dados relacionados a performance dos alunos. Para isto a visualização foi desenvolvida com base em pesquisas **AD-HOC** em LA e InfoVis. Com base na pesquisa foi definido um processo (suas etapas serão apresentadas e discutidas na [subseção 3.6.2](#)) baseado em **prototipagens** e **entrevistas** com o usuário para guiar as escolhas de *design*. A construção das visualizações foi realizada por meio da biblioteca *D3.js* pois ela

¹² um artigo reporta a construção o outro a avaliação, respectivamente

permite alteração de todos os parâmetros do gráfico. A **avaliação** da proposta foi desenvolvida com base no *framework* NOVIS proposto por Lee et al. (2016).

O *framework* NOVIS (2016) foi a única abordagem definida na literatura que foi aplicada na etapa de **avaliação** da proposta. O NOVIS é um guia para avaliação de objetos não-textuais (gráficos) que auxilia o desenvolvedor a entender como um usuário novato esta elaborando o modelo mental sobre a informação fornecida por meio de uma visualização não-tradicional. A aplicação desta metodologia é realizada por meio de cinco passos executados pelo usuário em contato com a visualização desenvolvida, desta forma o NOVIS é capaz de fornecer um *feedback* relacionado a como o usuário interpretou os elementos presentes em uma visualização já desenvolvida, sendo então considerada uma abordagem voltada a avaliação e refino de visualizações.

Nota-se que todos os trabalhos que utilizaram alguma abordagem definida na literatura, seja para construção ou avaliação, também apresentaram a necessidade de executar uma pesquisa **AD-HOC** para agregar informações relacionadas ao contexto educacional e sobre a interação do usuário com as visualizações, visto que nenhuma das abordagens possuía outro viés a não ser a semântica dos dados representados. Ao propor soluções baseadas em trabalhos correlatos desenvolvidos para a área educacional, os autores incluíram em suas propostas conhecimentos obtidos a partir de experiências com o público-alvo, com isto os aspectos da interação do usuário foram incluídos nestas visualizações por meio das lições aprendidas e reportadas por outros autores.

Os autores que elaboraram processos próprios (P.P) para conduzir o desenvolvimento das visualizações seguiram um processo exploratório semelhante para definição das etapas, seus objetivos e abordagens também eram correlatos. Os autores Chen et al. (2016) e Ruipérez-Valiente et al. (2016) desenvolveram processos com o objetivo de construir visualizações para MOOCs¹³, como abordagens para construção ambos os autores utilizaram **entrevistas** com o usuário e pesquisas **AD-HOC** (nos campos de EDM, InfoVis e LA) para determinar as etapas do processo e realizar as escolhas de *design*. Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008) e Conde et al. (2015) definiram processos para construção de visualizações em AVAs utilizando-se apenas de pesquisas na literatura (**AD-HOC**), o usuário foi incluído apenas na etapa de avaliação por meio de **estudos de caso**.

Maldonado et al. (2015) utilizou a **prototipagem** para guiar o processo de construção e avaliação das visualizações, Kovanović et al. (2017) também aplicou na construção enquanto Teusner, Rollmann e Renz (2017) aplicou apenas durante a avaliação. Independente da etapa aplicada os autores citados utilizaram os protótipos para extrair dos usuários quais eram os requisitos e funcionamento esperado para a ferramenta. Kovanović et al. (2017) argumentam que guiar o processo utilizando protótipos é necessário para

¹³ *Massive Online Open Courses*

melhorar a usabilidade por pesquisadores que não são da área de Computação. Conforme levantado pelos autores as ferramentas existentes para visualização de Dados Educacionais não possuem uso facilitado por pesquisadores da Educação, com isto a análise dos dados tende a acontecer posteriormente a execução da disciplina fazendo com que os alunos que geraram os dados não aproveitem os benefícios oriundos da mineração das informações.

Bele et al. (2015) desenvolveram suas visualizações em pleno contato com o público-alvo e com os interessados pelo sistema (*stakeholders*). Para levantar as necessidades do usuário a abordagem utilizada foi a **entrevista**. Neste caso as visualizações estavam sendo desenvolvidas para que a gerência de uma empresa pudesse observar o aproveitamento que seus funcionários estavam obtendo com os cursos ofertados, para isto era necessário visualizações distintas para: supervisores; o setor de recursos humanos; professores; e alunos. As visualizações foram construídas com base em trabalhos correlatos (**AD-HOC**) da área de *Business Intelligence* (BI) e LA. O contexto deste desenvolvimento se diferencia dos demais artigos pois este é o único que havia um contratante para o produto desenvolvido.

Dentre os trabalhos que utilizaram a abordagem **AD-HOC** de maneira exclusiva, destaca-se a obra de Menezes et al. (2016) por ter sido a única que apresentou pesquisas na área de **Educação** (não relacionado a visualizações) para definir as informações necessárias para viabilizar a análise do caminho de aprendizagem dos alunos. Para a visualização os autores utilizaram referências em InfoVis e LA para desenvolver um diagrama de atividades que pudesse representar o *design* instrucional de qualquer curso, associado às informações de desempenho e caminho dos alunos para observar possíveis gargalos no processo. Com este tipo de abordagem os autores puderam agregar à ferramenta o conhecimento do público-alvo sobre o trabalho desenvolvido. A inclusão da experiência reportada na literatura para incluir aspectos relacionados a experiência do usuário foi uma prática comum entre todos os trabalhos selecionados na RSL.

Outra abordagem observada durante a etapa de construção foi a utilização de ferramentas para geração de visualizações. Os autores optaram por utilizar estas ferramentas devido a facilidade que as mesmas oferecem ao processo de desenvolvimento, conforme descrito por Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008) “*The use of available tools allows us reducing the effort necessary to built visualizations*”. Porém, este tipo de abordagem tende a não levar em consideração os aspectos relacionados a usabilidade, visto que os elementos da visualização são sugeridos de acordo com os dados sem considerar o contexto de aplicação. As ferramentas utilizadas foram: *D3.js*; *Google Analytics*; *Google Charts*; *HighChart*; *Kibana*; *pChart*; *Prefuse*; *Primefaces JSF library*; *R*; e *Weka*.

Tabela 2: Listagem dos artigos selecionados pela RSL e as abordagens utilizadas

Citação	Construção	Avaliação
Pesare et al. (2015)	Few (2013)	N.R
Pesare, Roselli e Rossano (2016)	Few (2013)	E.C
Mazza e Dimitrova (2007)	Card et al. (1997)	E.C, ETV
Mazza e Dimitrova (2004)	Card et al. (1999)	E.C
Costa et al. (2013)	Card et al. (1999)	N.R
Park, Cho e Son (2017)	Klerkx et al. (2017)	Prototipagem
Alves et al. (2018a)	P.P	**
Alves et al. (2018b)	**	NOVIS (2016)
Chen et al. (2016)	P.P	E.C, ETV
Conde et al. (2015)	P.P	E.C
Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008)	P.P	E.C(N.D)
Ruipérez-Valiente et al. (2016)	P.P	ETV
Maldonado et al. (2015)	P.P	Prototipagem
Kovanović et al. (2017)	Prototipagem	TAM
Bele et al. (2015)	ETV, AD-HOC (BI, LA)	N.D
Menezes et al. (2016)	AD-HOC (EDU, InfoVis, LA)	E.C
Emmons, Light e Borner (2017)	AD-HOC (EDM, InfoVis, LA)	E.C
García-Solórzano et al. (2012)	AD-HOC (EDM, InfoVis)	C.L
Li et al. (2017b)	AD-HOC (InfoVis, LA)	E.C
MAY, George e Prévôt (2011)	AD-HOC (InfoVis, LA)	E.C
Lucena, Silva e Oliveira (2015)	AD-HOC (InfoVis, LA)	E.C
Ruiz et al. (2014)	AD-HOC (InfoVis, LA)	N.R
Li et al. (2015)	AD-HOC (InfoVis, LA)	N.R
Nakamura et al. (2015)	AD-HOC (InfoVis, LA)	N.R
Essa e Ayad (2012)	AD-HOC (EDM)	N.R
Brtko et al. (2012)	AD-HOC (EDM)	N.R
Ali et al. (2012)	AD-HOC (InfoVis)	E.C
Dai (2016)	AD-HOC (InfoVis)	ETV
Misailidis, Charitopoulos e Rangoussi (2018)	AD-HOC (InfoVis)	N.R
France et al. (2006)	AD-HOC (InfoVis)	N.R
Brooks (2013)	AD-HOC (InfoVis)	N.R
Teusner, Rollmann e Renz (2017)	AD-HOC (LA)	ETV, Prototipagem
Acosta e Slotta (2018)	AD-HOC (LA)	ETV, Questionário
Filvã et al. (2016)	AD-HOC (LA)	Questionário
Gañán et al. (2016)	AD-HOC (LA)	Questionário
Liu et al. (2015)	AD-HOC (LA)	E.C
Shimada e Konomi (2017)	AD-HOC (LA)	E.C
Gómez-Aguilar et al. (2015)	AD-HOC (LA)	E.C
Luo, Rocco e Schaad (2015)	AD-HOC (LA)	E.C
Ruipérez-Valiente et al. (2015)	AD-HOC (LA)	E.C
Li et al. (2017a)	AD-HOC (LA)	N.R
Li, Zhang e Liu (2015)	AD-HOC (LA)	N.R
Ruipérez-Valiente, Merino e Kloos (2013)	AD-HOC (LA)	N.R
Minović e Milovanović (2013)	AD-HOC (LA)	N.R
Alonso-Fernandez et al. (2017)	AD-HOC (LA)	N.R
Villagrà-Arnedo et al. (2017)	AD-HOC (LA)	C.L
Taibi et al. (2018)	AD-HOC (LA)	N.R

Legenda: **C.L** = Comparação com a Literatura, **E.C** = Estudo de caso, **EDU** = Educação, **ETV** = Entrevista, **ND** = realizado, porém, Não Descrito, **N.R** = Não Realizado, **P.P** = Processo Próprio, ****** = os dois artigos são relacionados ao mesmo projeto, um contempla a descrição da construção e outro da avaliação

Fonte: elaborado pelo autor

3.6.2 RQ2 - Quais são as etapas realizadas para o desenvolvimento de visualizações de dados no contexto de uso da educação?

Para o contexto desta pergunta de pesquisa foram considerados os trabalhos que definiram **formalmente** um conjunto de etapas ou passos para guiar o processo de desenvolvimento das visualizações. Com isto, os trabalhos que seguiram processos exploratórios não foram considerados para esta análise. Em suma os artigos discutidos nesta questão de pesquisa estão identificados com a sigla **P.P** na coluna de abordagens de **construção** na Tabela 2, com exceção da obra de Klerkx, Verbert e Duval (2017) que foi aplicado por Park, Cho e Son (2017).

Klerkx, Verbert e Duval (2017) elaboraram um conjunto de 6 *guidelines* para auxiliar pesquisadores a conduzir o processo de construção de *dashboards* voltados a análise do caminho de aprendizagem. As etapas propostas pelos autores são: ***Understand Your Goals*** - investigar quais são os objetivos e quem são os interessados nas visualizações; ***Acquire and (Pre-)Process Your Data*** - definir quais serão os dados necessários e os possíveis tratamentos; ***Mapping Design*** - escolher os formatos de visualização que vão representar as informações levantadas e responder os objetivos propostos; ***Documentation*** - documentar os motivos que embasaram as escolhas de *design* e possíveis opções para facilitar alterações futuras; ***Add Interaction Techniques*** - adicionar recursos relacionados a interação que permitam explorar as visualizações (filtros, *zoom*, ordenação, etc.); ***Evaluate Continuously*** - avaliar o sistema frequentemente para adequar a novas necessidades que possam surgir com o passar do tempo.

Alves et al. (2018a) e Alves et al. (2018b) definiram um processo para conduzir a investigação do cenário e desenvolvimento das visualizações, a base para os autores foi o *framework* para **avaliação** de objetos não-textuais **NOVIS** proposto por Lee et al. (2016). As etapas definidas para o processo foram: elaborar um protótipo de baixa fidelidade; transforma-lo em um protótipo de alta fidelidade; conduzir um experimento com o usuário utilizando o protótipo; e aplicar uma entrevista semi-estruturada com os participantes do experimento.

Para desenvolver um sistema para acompanhamento de alunos em MOOCs, Chen et al. (2016) desenvolveram um processo em conjunto com dois especialistas no domínio de prever padrões de comportamento relacionado a evasão. Para desenvolver as visualizações os autores seguiram um processo cíclico que era composto das seguintes etapas: uma visualização era prototipada; uma reunião era realizada para discutir os aspectos desta visualização; as visualizações eram populadas com outros dados; e após três rodadas de discussão as opiniões eram incorporadas em um novo protótipo e o ciclo recomeçava. Este processo deu origem a quatro requisitos para a construção de visualizações, sendo: “*The visual designs should be easily understood by users with different backgrounds.; The system should provide multiple layers to present information at different levels of granularity; The*

degree of user intervention should be balanced with automatic clustering methods; System interactions should be familiar to end users and immediate feedback should be provided”.

Para desenvolver o *software* VeLA, um conjunto de visualizações para ambientes virtuais de aprendizagem, [Conde et al. \(2015\)](#) elaboraram um processo dividido em quatro etapas para levantar os requisitos, desenvolver e avaliar o sistema. As etapas definidas foram: levantamento de quais são as características dos resultados esperados; avaliação de quais dados são necessários para a visualização; seleção dos algoritmos/ferramentas que manipularão os dados e quais as visualizações que irão reportá-los; e uma coleta das impressões do usuário para gerar novos produtos.

[Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide \(2008\)](#) desenvolveram visualizações para incorporar ao sistema para gestão de cursos *online* de sua própria universidade. Para o desenvolvimento foi definido um processo que constou de quatro etapas, sendo elas: selecionar os dados que devem ser representados; analisar uma ferramenta para geração de gráficos que seja adequada; acoplar a ferramenta ao sistema; e avaliar a usabilidade. Destaca-se que os autores eram professores e não possuíam recursos para construir as visualizações, por isto optou-se por investigar uma ferramenta que pudesse ser personalizável e atendesse os requisitos funcionais de linguagem. A ferramenta escolhida para desenvolver as visualizações foi a *Prefuse*.

Sob a perspectiva de avaliar o desempenho de alunos em MOOCs, [Ruipérez-Valiente et al. \(2016\)](#) desenvolveram um conjunto de visualizações para agregar ao sistema edX. Para projetar as visualizações os autores planejaram um processo de quatro etapas, sendo: Uma análise dos componentes disponíveis no edX (tipos de materiais e atividades); entrevista com os professores sobre quais informações eram relevantes em relação aos componentes descobertos anteriormente; analisar quais informações fornecidas pelos professores eram viáveis de ser implementadas considerando a experiência dos autores e a literatura investigada; e por fim uma exploração na literatura por ferramentas semelhantes para extrair exemplos de formatos de visualizações.

Baseando-se em referências da área de UX, [Maldonado et al. \(2015\)](#) criaram um *workflow* para guiar o desenvolvimento de ferramentas voltadas a LA, a aplicação do método não é restrita a visualizações. O processo é baseado em cinco etapas que são: identificação do problema; prototipação de baixa fidelidade para avaliar como o usuário espera que a visualização se comporte; prototipação de alta fidelidade para avaliar a visualização desenvolvida, um teste controlado para avaliar a usabilidade; e um teste em campo para avaliar a experiência dos usuários e descobrir as limitações e problemas éticos da ferramenta.

As etapas dos processos de desenvolvimento realizados pelos autores que utilizaram a abordagem **AD-HOC** como principal foram semelhantes. No geral os autores seguiram um processo exploratório que era composto por: definição dos objetivos da visualização;

escolha das áreas de pesquisa (EDM, InfoVis e LA); buscas na literatura por trabalhos relacionados aos objetivos e áreas escolhidas; observação dos formatos de visualização desenvolvidos; e análise da descrição dos resultados de testes com os usuários.

3.6.3 RQ2.1 - Qual a relação entre as etapas encontradas com as etapas do *framework* definido por Munzner (2014)?

Conforme apresentado e discutido na seção 2.4, o *framework* proposto por Munzner (2014) possui elementos para inclusão dos aspectos da interação do usuário durante o processo de desenvolvimento das visualizações. Para verificar se os pesquisadores que determinaram um processo para construção das visualizações incluíram abordagens semelhantes, foi realizada a comparação entre as etapas apresentadas na resposta à RQ2 (subseção 3.6.2) e as etapas do *framework* supracitado.

Recordando as informações discutidas na seção 2.4, o *framework* de Munzner (2014) é composto por quatro etapas, sendo elas: **Domain situation (I)** - investigação sobre o domínio do público-alvo; **Data/Task abstraction (II)** - obtenção e transformação dos dados que afetam o trabalho do usuário; **Visual encoding/interaction (III)** - definição do “idioma da visualização”; **Algorithm (IV)** - construção da visualização baseada em todas as informações levantadas. Para organizar a discussão, a partir deste ponto as etapas serão identificadas pelo prefixo **M** associado ao seu número, exemplo: **M-II** refere-se a segunda etapa do *framework* de Munzner (2014).

Em relação ao processo de investigação do domínio do usuário que é referenciado pela etapa **M-I**, Munzner (2014) afirma que é necessário que o pesquisador obtenha conhecimentos para entender o trabalho do usuário visando propor soluções pontuais. Para agregar os conhecimentos da área Chen et al. (2016) incluiu dois especialistas que atuaram junto com os pesquisadores opinando sobre as visualizações durante todo o processo. Klerkx, Verbert e Duval (2017) e Maldonado et al. (2015) investigaram os usuários em seu contexto de trabalho para entender seus objetivos com a intenção de identificar quais eram os problemas que a visualização poderia resolver. Sem incluir o usuário no processo Ruipérez-Valiente et al. (2016) analisou todos os componentes (fóruns, atividades, vídeos, etc.) do ambiente edX para determinar quais eram os dados disponíveis e qual era a relação deles com os objetos de aprendizagem.

Para a etapa **M-II**, Munzner (2014) aponta que o pesquisador deve determinar a origem e planejar o processo de aquisição e transformação para os dados que irão popular as visualizações. Os autores Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008) e Conde et al. (2015) definiram etapas apenas para avaliar quais dados seriam necessários para cumprir as necessidades da visualização, a escolha dos dados era baseada na experiência dos autores e na literatura. Ruipérez-Valiente et al. (2016) executou entrevistas com o usuário para

determinar quais dados encontrados pelos pesquisadores na etapa anterior eram pertinentes para a execução do trabalho. Klerkx, Verbert e Duval (2017) foi o único autor a definir etapas relacionadas a obtenção dos dados e ao planejamento da transformação para popular as visualizações.

A etapa **M-III** versa sobre a escolha dos formatos de visualização e seus elementos de interação, Munzner (2014) categoriza esta etapa como a criação do “idioma da visualização” pois é neste ponto que são definidas as formas de comunicação entre o usuário e os dados. Os autores Maldonado et al. (2015), Chen et al. (2016) e Alves et al. (2018a) utilizaram protótipos para avaliar com o usuário as visualizações que foram desenvolvidas com base em pesquisas na literatura por trabalhos correlatos. Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008), Conde et al. (2015) e Ruipérez-Valiente et al. (2016) realizaram processos exploratórios em busca de ferramentas para plotagem de visualizações que funcionam baseadas na massa de dados fornecida, enquanto Klerkx, Verbert e Duval (2017) definiu os formatos de visualização baseando-se apenas na semântica dos dados levantados na etapa anterior.

Apenas o autor Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008) propôs etapas relacionadas à **M-IV**, Munzner (2014) afirma que durante o processo de programação das visualizações deve ser levado em consideração as questões técnicas dos algoritmos e dos ambientes em que estão inseridos, para que as limitações da infraestrutura não afetem o trabalho do usuário. Ao acoplar as visualizações desenvolvidas a um sistema existente, Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008) realizaram um processo investigativo sobre a infraestrutura do hospedeiro para determinar os requisitos necessários para a integração com as visualizações, com isto os autores determinaram uma interface de comunicação entre sistemas permitindo que as visualizações possam ser implementadas em outros hospedeiros.

A Tabela 3 apresenta uma visão geral sobre as similaridades entre as etapas encontradas pela RSL e o *framework* proposto por Munzner (2014). Observa-se que todos os trabalhos aplicaram esforços relativos a escolha do formato de visualização **M-III**. Porém, nota-se que apenas dois trabalhos realizaram a análise sobre o trabalho do usuário (**M-I**) para então determinar a origem dos dados (**M-II**) que iriam compor as visualizações escolhidas na etapa **M-III**, sugerindo que os pesquisadores não incluíram os conhecimentos do usuário na ferramenta desenvolvida. Em relação a etapa **M-IV** apenas Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008) levaram em consideração as limitações do ambiente de trabalho do usuário para desenvolver as funcionalidades da visualização. Nenhum dos trabalhos analisados aplicaram esforços relativos a todas as etapas propostas por Munzner (2014).

Tabela 3: Relação entre as etapas encontradas pela RSL e o *framework* proposto por Munzner (2014)

Autor	Etapas			
	M-I	M-II	M-III	M-IV
Munzner (2014)				
Chen et al. (2016)	X	-	X	-
Maldonado et al. (2015)	X	-	X	-
Klerkx, Verbert e Duval (2017)	X	X	X	-
Ruipérez-Valiente et al. (2016)	X	X	X	-
Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008)	-	X	X	X
Conde et al. (2015)	-	X	X	-
Maldonado et al. (2015)	-	-	X	-
Alves et al. (2018a)	-	-	X	-

Legenda: - = Não relacionado; X = Relacionado

Fonte: elaborado pelo autor

3.7 Estudo sobre artigos recusados pela RSL

Durante a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão notou-se que alguns **artigos recusados** continham *lessons learning*. Estas lições possuíam descrições de experiências relacionadas às escolhas feitas durante a construção das visualizações e seus resultados e poderiam ter informações relevantes para compor a construção do guia de recomendações proposto por este trabalho. Estes artigos foram recusados pois a RSL buscava por descrições sobre o processo de construção de visualizações no cenário educacional visando mapear as abordagens utilizadas durante o desenvolvimento, neste caso não havia a obrigatoriedade de um **artigo selecionado** conter informações referentes a avaliação das visualizações ou relatos de experiência com o usuário.

Para verificar se haviam artigos recusados pelos critérios da RSL que continham informações relevantes para compor às recomendações, todos os 1207 artigos retornados pela *string* final de busca foram analisados em relação ao resumo e os resultados. Com isto foram identificados cinco artigos relevantes para às recomendações e que foram recusados pelos critérios da RSL. Estes cinco foram considerados adequados para compor às recomendações pois possuíam descrições sobre a interação do usuário em relação às visualizações desenvolvidas. A seguir é apresentado uma breve descrição sobre cada um dos cinco artigos:

Sedrakyan, Mannens e Verbert (2019) realizaram um mapeamento conceitual entre trabalhos que desenvolveram *dashboards* voltados ao cenário educacional e conceitos educacionais. Com este mapeamento os autores desenvolveram algumas recomendações para construção de *dashboards*, as recomendações são organizadas pelo: tipo de conceito a ser trabalhado (*feedback*, aprendizado baseado em objetivo, auto regulagem de estudos, etc); conceitos a ser medidos (resultados, trajetória de aprendizagem, etc.); objetivos da visualização (*overview, zoom*, etc.); razão da utilização (exploração, sumarização, etc.); usuário alvo (professor ou aluno); e formato recomendado (*pizza*, barra, etc.). Este ar-

tigo foi reprovado pois se trata de um trabalho secundário onde os autores propuseram recomendações, porém, os autores concentraram algumas experiências encontradas na literatura, por isto ele foi selecionado como artigo revelante mesmo tendo sido reprovado pela RSL.

O trabalho de [Barros, Silva e Guedes \(2017\)](#) descreve descobertas sobre o comportamento de alguns formatos de visualização quando aplicados à Dados Educacionais. Os autores concluíram que a composição desses dados podem afetar o resultado sobre a interpretação dos gráficos omitindo informações importantes. Este artigo foi reprovado pois não descreve o processo ou os artefatos utilizados durante a construção das visualizações, como resultado é discutido apenas o comportamento apresentado pelos formatos escolhidos, estas informações foram consideradas relevantes para compor as recomendações.

[Romanowska et al. \(2018\)](#) descrevem o processo de pesquisa bibliográfica e prototipação de uma ferramenta *online* para correção de algoritmos utilizando visualização. Os autores fazem uma investigação sobre como os aspectos de usabilidade e acessibilidade podem auxiliar os usuários de visualizações a atingir seus objetivos com mais facilidade, motivo pelo qual este artigo foi selecionado como relevante para composição das recomendações. Para a ferramenta proposta pelos autores a visualização foi usada para representar o funcionamento dos algoritmos e não para visualizar os dados gerados pelas atividades, por isto foi reprovado pela RSL.

[Oliveira, Mealha e Santos \(2010\)](#) realizaram a prototipação e avaliação de um módulo de visualização de dados acoplado a um sistema de *e-learning* que permitia aos administradores observar a interação entre os usuários (alunos e professores) da parte de comunicação da plataforma. Os autores trazem resultados sobre a avaliação de determinados gráficos sobre a perspectiva de professores, são discutidas algumas expectativas e opiniões dos usuários sobre os gráficos. A reprova deste artigo em relação aos critérios da RSL se deu por conta de que os dados observados pelos autores eram relacionados ao engajamento dos alunos entre si e não tinham objetivos relacionados ao acompanhamento do aprendizado.

[McGrath \(2011\)](#) relatam um teste aplicando quatro formatos de visualização a dados com alto volume e grande dimensionalidade de tempo provenientes do armazenamento de todas as ações realizadas em sistemas *e-learning* que possuem milhares de usuários. O objetivo dos autores foi testar a aplicabilidade destes formatos levando em consideração o contexto proposto pelos dados, não houve um processo de construção de uma ferramenta com intuito de auxiliar o acompanhamento do aprendizado, porém, os autores apresentam resultados relevantes sobre as características que são necessárias em visualizações de dados educacionais de grandes dimensionalidades.

3.8 Comparação da proposta com trabalhos relacionados

Para comparar o **Vis2Learning** com os artigos que serviram como base para sua construção foram elaborados quatro tópicos baseados nas três questões fundamentais levantadas por Munzner (2014) e apresentadas na seção 2.4. Os tópicos definidos foram: **Dados** - a semântica das informações foi levada em conta na escolha do formato (*what?*); **Contexto** - o contexto de trabalho do usuário foi levado em consideração para escolha dos formatos de visualização (*why?*); **Interação** - testes com usuário foram realizados para avaliar se a utilização de determinado formato de visualização seria adequado para o contexto (*how?*); e **Literatura** - uma busca na literatura foi realizada para coletar experiências de outros autores relacionadas ao contexto em que a visualização seria inserida (*how?*). Na Tabela 4 está contida a citação para todos os artigos utilizados durante o processo de extração e os tópicos que foram abordados pelos autores no momento da construção das visualizações.

Tabela 4: Comparação entre os trabalhos relacionados e a proposta Vis2Learning

Citação	RSL?*	Tópicos abordados
Li et al. (2017b)	Sim	Literatura
Chen et al. (2016)	Sim	Contexto, Interação, Literatura
Conde et al. (2015)	Sim	Interação, Literatura
Menezes et al. (2016)	Sim	Contexto, Literatura
Villagr�-Arnedo et al. (2017)	Sim	Interação, Literatura
Garc�-Sol�rzano et al. (2012)	Sim	Dados, Literatura
Ruip�rez-Valiente et al. (2015)	Sim	Dados, Literatura
McGrath (2011)	N�o	Dados, Intera�o
Romanowska et al. (2018)	N�o	Intera�o, Literatura
Barros, Silva e Guedes (2017)	N�o	Dados
Oliveira, Mealha e Santos (2010)	N�o	Contexto, Intera�o
Sedrakyan, Mannens e Verbert (2019)	N�o	Contexto, Literatura
Citação	-	T�picos enquadrados
<i>Vis2Learning</i>	-	Contexto, Dados, Intera�o, Literatura

* indica se o trabalho foi selecionado pelos critérios definidos pela RSL

Fonte: elaborado pelo autor

Na Tabela 4   possível observar que nenhum artigo fez a aplica o de todos os t picos que foram definidos para esta análise. Isto sugere que durante o processo de desenvolvimento das visualiza es os autores destes artigos não levaram em considera o alguns dos critérios considerados fundamentais para a elabora o de uma visualiza o eficiente para o contexto do usuário, segundo os parâmetros de Munzner (2014). O **Vis2Learning** foi construído de maneira a agregar todas as li es aprendidas e reportadas nestes artigos, dando origem a um produto que contempla todos os t picos definidos. O processo de extra o, constru o e valida o das recomenda es que compõem o **Vis2Learning** são apresentadas e discutidas no Capítulo 4.

3.9 Discussão

Considerando os artigos selecionados na RSL, observa-se que alguns autores utilizaram abordagens com foco em IHC (entrevistas, prototipagem, etc.) para o desenvolvimento de visualizações, porém, estas abordagens foram consideradas amplas para o contexto aplicado pois não possuíam direcionamento de Visualização da Informação. Abordagens como as de [Card e Mackinlay \(1997\)](#), [Card, Mackinlay e Shneiderman \(1999\)](#) e [Few \(2013\)](#) também foram consideradas amplas pois são direcionadas apenas pela semântica dos dados sem considerar o contexto do usuário. O *framework* NOVIS proposto por [Lee et al. \(2016\)](#) e aplicado por [Alves et al. \(2018a\)](#) não foi considerado adequado para o contexto de **construção** pois se trata de uma abordagem para **avaliação** de visualizações já desenvolvidas.

Trabalhos que possuem a abordagem **AD-HOC** como principal (ou exclusiva) para guiar o processo de construção das visualizações representaram aproximadamente 70% dos trabalhos selecionados pela RSL (33 de 47), as áreas pesquisadas pelos autores foram: *Business Intelligence* (BI); Educação (EDU); *Educational Data Mining* (EDM); InfoVis; e *Learning Analytics* (LA). A área mais pesquisada foi a de *Learning Analytics* (LA) seguida pela área de InfoVis. Nestes casos os autores pesquisavam por trabalhos que possuíam relação com os objetivos propostos para observar como as visualizações foram feitas e quais foram os resultados com o usuário. Este tipo de abordagem visa simplificar o processo de construção e agregar aspectos da interação do usuário nas ferramentas desenvolvidas sem que haja a necessidade de conduzir um processo com o usuário, uma vez que os autores estão utilizando as lições aprendidas por outros autores.

Os *guidelines* propostos por [Klerkx, Verbert e Duval \(2017\)](#) (aplicado por [Park, Cho e Son \(2017\)](#)) foi a única abordagem encontrada por esta RSL que se aproximou das etapas propostas por [Munzner \(2014\)](#), não compreendendo apenas a etapa de *algorithm*. Porém, ao aplicar os *guidelines*, [Park, Cho e Son \(2017\)](#) sentiram a necessidade de realizar uma exploração na literatura para definir quais seriam os formatos utilizados na visualização, uma vez que a obra utilizada como base não possui exemplos de aplicação com base no contexto ou informações sobre o uso dos formatos de visualização de acordo com os dados.

Observou-se que o *framework* de [Munzner \(2014\)](#) não foi citado explicitamente durante o processo de construção de nenhum dos trabalhos selecionados nesta RSL. Contudo notou-se que os autores empreenderam esforços para implementar abordagens que são relativas às etapas da obra de [Munzner \(2014\)](#), como é o caso do processo executado por [Ruipérez-Valiente et al. \(2016\)](#) que por meio de entrevistas e análises exploratórias conseguiu abordar os principais tópicos relacionados ao domínio do usuário sobre o trabalho e sua interação na visualização desenvolvida.

Uma característica recorrente nos desenvolvimentos encontrados nos artigos seleti-

onados é que as ferramentas são geradas por pesquisadores da área de Computação sem a inclusão do usuário no processo de *design*, com isto não é observado se o “idioma da visualização” é aderente aos usuários, dados e tarefas do contexto trabalhado. Munzner (2014) afirma que a escolha de um **idioma** que não seja adequado ao contexto pode gerar visualizações que causam problemas de comunicação com o público-alvo. Este tipo de resultado, onde as visualizações são de uso difícil por pesquisadores de outras áreas, foi o que motivou Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide (2008) (professores) a construir suas próprias visualizações.

3.10 Considerações finais

Os resultados da RSL mostram o crescente volume e interesse na produção de ferramentas para visualização de Dados Educacionais. Porém, observou-se a existência de uma lacuna de pesquisa referente a aplicação de técnicas de IHC direcionadas pela área de Visualização da Informação para tratar e incluir os aspectos da interação do usuário no desenvolvimento das visualizações. A tendência dos autores em optar por uma abordagem **AD-HOC** para coletar experiências de outros autores e exemplos de visualizações desenvolvidas no contexto educacional sugere que há espaço para utilização de um guia de recomendações para aplicação de visualizações, baseado em exemplos e experiências na área, voltadas para o cenário educacional.

4 Vis2Learning

4.1 Considerações iniciais

Conforme discutido no [Capítulo 2](#), existem muitos trabalhos que propõem o desenvolvimento de visualizações explorando Dados Educacionais. Porém, como apresentado na [seção 2.5](#) e corroborado pela investigação reportada no [Capítulo 3](#), esta área ainda possui lacunas de pesquisa. Estas lacunas encontradas são referentes ao desenvolvimento das visualizações levando em consideração o contexto do usuário.

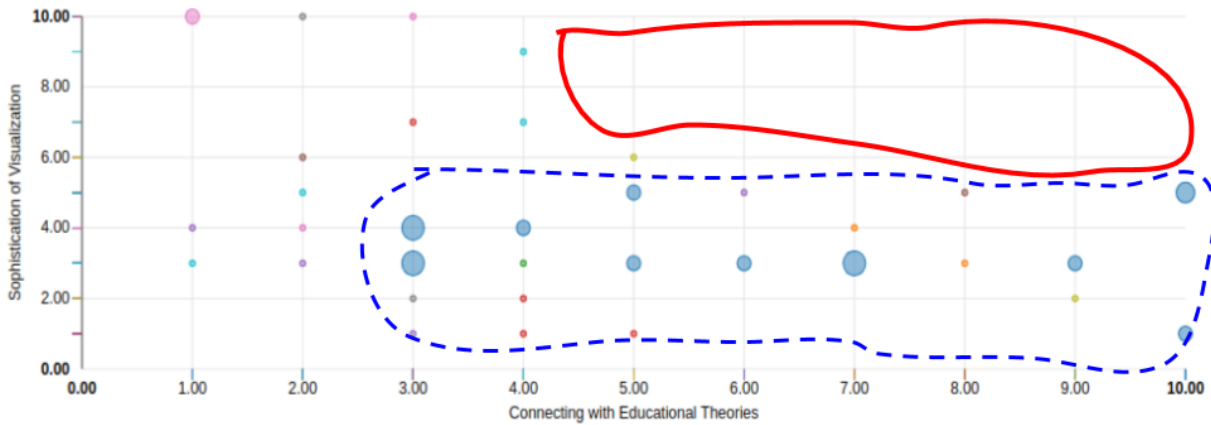
A investigação da literatura identificou problemas que podem estar relacionados a falta de entendimento por parte dos desenvolvedores sobre as necessidades do público-alvo, como é o caso de problemas relatados em relação a dificuldade de interação com a visualização ([NUNES, 2015](#); [MOHAMAD](#); [TASIR, 2013](#); [REYES, 2015](#)) e visualizações que não correspondem a necessidade do público-alvo ([REYES, 2015](#); [PADILHA](#); [SOUZA, 2017](#); [LUCENA](#); [SILVA](#); [OLIVEIRA, 2015](#); [TERVAKARI et al., 2014](#); [LIU et al., 2014](#)).

Em seus resultados [Vieira, Parsons e Byrd \(2018\)](#) reportam uma lacuna de pesquisa (realçada em vermelho com traço contínuo na [Figura 7](#)) onde não foram encontrados trabalhos que desenvolveram visualizações com forte interseção na aplicação dos conceitos de Visualização da Informação e Teorias Educacionais. Estes resultados sugerem que a relação entre os profissionais da Computação e da Educação necessita de atenção, pois as necessidades do usuário não estão sendo supridas. Esta característica remete aos resultados do [Capítulo 3](#) onde observou-se que poucos pesquisadores investigaram o domínio do usuário para direcionar as decisões da proposta.

Ainda de acordo com os resultados de [Vieira, Parsons e Byrd \(2018\)](#) é possível notar que há interesse da comunidade educacional no desenvolvimento de visualizações, uma vez que a quantidade de trabalhos encontrados com aplicação de Teorias Educacionais (realce em azul com linha tracejada na [Figura 7](#)) é superior em relação aos trabalhos com aplicação de Visualização da Informação. Exemplo disto é o caso dos autores [Hijón-Neira e Velázquez-Iturbide \(2008\)](#), discutido na [subseção 3.6.2](#), que eram professores e desenvolveram suas próprias visualizações por não terem encontrado uma ferramenta pronta com usabilidade adequada para o contexto de uso.

Com base nas informações levantadas, percebe-se que os desenvolvedores de visualizações que contenham Dados Educacionais necessitam de ferramentas ou métodos que aprimorem o processo de desenvolvimento. Estas ferramentas devem agregar conhecimentos sobre Visualização da Informação no contexto educacional ao desenvolvedor para evitar a construção de ferramentas que não suprem às necessidades do público-alvo. Público este que

Figura 7: Relação entre aplicação das teorias de Visualização de Informação (eixo Y) e Teorias Educacionais (eixo X) nos trabalhos analisados por Vieira, Parsons e Byrd (2018)



Marcação em vermelho com linha contínua representa a falta de trabalhos com aplicação de ambos os conceitos (original do artigo); Marcação em azul com linha tracejada representa a maior quantidade de trabalhos na área de Educação (análise do autor)

Fonte: retirado de Vieira, Parsons e Byrd (2018) e adaptado pelo autor

conforme observado pelos autores estudados no Capítulo 2, e corroborado pelos resultados de Vieira, Parsons e Byrd (2018), tem demonstrado interesse na utilização de visualizações para aprimoramento do trabalho desenvolvido dentro do contexto educacional.

A partir dos resultados apresentados nos capítulos anteriores, foi realizada uma extração de lições aprendidas presentes na literatura (**etapa C** da metodologia). Após a extração, foi elaborado um guia com recomendações para auxiliar o desenvolvedor durante o planejamento e construção de visualizações sobre Dados Educacionais (**etapa D**). As recomendações foram validadas por especialistas em EDM, IHC e InfoVis (**etapa D**).

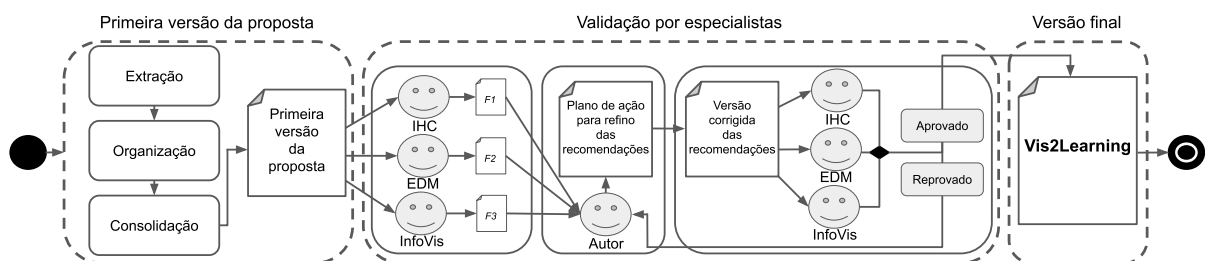
4.2 Etapas para criação do Vis2Learning

Foi definido que o guia de recomendações seria composto por experiências de autores extraídas de artigos. Os artigos utilizados para este processo deveriam reportar lições aprendidas durante o processo de desenvolvimento e/ou implementação de visualizações sobre Dados Educacionais. Como base para os artigos que foram analisados foi definido o retorno da *string* final de busca reportada no Capítulo 3, porém, a análise não foi limitada pelos critérios de aceitação da RSL.

Para a elaboração da **primeira versão da proposta** foi definido um processo dividido em três etapas, sendo elas: **extração**; **organização**; e **consolidação**. A primeira versão teve como objetivo servir de base para a validação dos especialistas, a versão final da proposta surgiria após um refino baseado no *feedback* dos avaliadores.

Para validar o processo de construção, e também o teor das recomendações, uma etapa de **validação da proposta por especialistas** foi realizada por um trio de especialistas em áreas tangentes à pesquisa. As especialidades eram sobre **Mineração de Dados Educacionais**, **IHC**, e **Visualização de Informação sobre Dados Educacionais**. A organização do processo de validação foi dividido em três fases permitindo que os avaliadores pudessem validar se as correções levantadas na primeira foram devidamente aplicadas nos resultados da terceira. Caso houvesse algum tipo de correção este processo seria executado recursivamente até que as recomendações estivessem totalmente aprovadas, a versão aprovada pelos avaliadores se tornaria a versão final da proposta. A [Figura 8](#) representa a sequência das ações executadas para criação e validação do Vis2Learning.

Figura 8: Processo seguido para criação e validação do Vis2Learning



F_n representa o arquivo contendo o *feedback* do avaliador

Fonte: elaborado pelo autor

4.3 Primeira versão da proposta

Esta seção compreende as ações realizadas durante o processo de construção da primeira versão do guia de recomendações (**etapa C** da metodologia). Todo o trabalho de análise e extração dos artigos foi concentrado nesta etapa a fim de dar origem ao material que serviu como base para ser submetido para validação, e posteriormente refino, visto que a versão final da proposta seria feita apenas após o *feedback* da validação.

Para a fase de **extração** todos os artigos retornados pela *string* final de busca descrita no [Capítulo 3](#) foram lidos à procura de relatos dos autores durante a avaliação das visualizações desenvolvidas. A origem dos artigos para o processo de extração não foi limitada pelos critérios de aceitação da RSL, pois notou-se que haviam trabalhos recusados que continham contribuições relevantes para o contexto da criação das recomendações. Estes não foram incluídos pelos critérios da RSL por não reportarem o processo de desenvolvimento das visualizações. Os artigos analisados e não aceitos pela RSL foram apresentados e discutidos na [seção 3.7](#).

Quando um **relato** era encontrado uma planilha era alimentada com: a base científica em que o artigo foi encontrado; nome do artigo; página em que a descrição foi localizada; uma categorização do resultado encontrado com base em uma definição elaborada pelo autor (**baseada nos dados** ou na **percepção**); qual era o formato da visualização (gráfico pizza, nuvem de palavras, etc); o trecho do artigo copiado na íntegra em que havia o relato; e uma descrição elaborada pelo autor levando em conta todo o contexto do artigo e não apenas a extração.

A categorização dos relatos presente na etapa de **extração** poderia ser: **baseada nos dados** ou **baseada na percepção**. Um relato seria categorizado como baseado nos dados quando a descoberta do autor era relacionada a alguma característica semântica proveniente dos dados, como por exemplo a recomendação de que gráficos de pizza devem ser utilizados apenas quando todas as categorias podem ser somadas para representar 100% de algo. Esta recomendação derivou da extração realizada de Sedrakyan, Mannens e Verbert (2019): “*A pie-chart is used to visualize the proportions of a whole using numbers that ideally sum up to 100%*”.

Para um relato ser categorizado como baseado na percepção, a descoberta deveria estar relacionada com a interpretação do usuário sobre a visualização, como a recomendação de que as cores de um mapa de calor podem auxiliar o usuário a identificar padrões em dados volumosos. A recomendação descrita é derivada da extração realizada no trabalho de Villagrà-Arnedo et al. (2017): “*Heat maps are graphical representations of data in a matrix of rectangular tiles, using a colour scale to represent the value of the corresponding element of the data matrix [...] It has proven to be a useful tool to represent large sets of data that are difficult to interpret as numerical values, particularly in studying the performance of students’ groups*”.

Durante a etapa de **extração** surgiu a necessidade de organizar as extrações para que as mesmas pudessem ser rastreadas desde o início do processo até a etapa de validação por especialistas. Então cada extração recebeu um identificador que era composto por “numeroDoArtigo-numeroDaExtração”, com isto a **primeira extração** do **primeiro artigo** recebeu o identificador **1-1**. A extração usada como exemplo pode ser observada na **Tabela 5**, destaca-se que o artigo utilizado faz parte dos **recusados** pelos critérios da RSL e está apresentado na **seção 3.7**. O resultado desta etapa compreendeu uma lista contendo toda informação relacionada ao processo de leitura e extração dos artigos, a lista completa está disponível no *Google Drive*¹.

Com todos os artigos já analisados e a planilha de **extração** preenchida, a fase de **organização** foi responsável por agrupar as contribuições com base: no formato de visualização; e na categoria do relato (categoria criada pelo autor). A **organização** foi realizada para determinar se haviam extrações semelhantes ou até mesmo duplicadas, para

¹ <https://drive.google.com/open?id=13qltL_iJBQ_oqnc5gnjPYon0GblbO0Pitw4FYDZg6I>

Tabela 5: Exemplo retirado da lista de extrações

ID	Base	Artigo	Pag	Categoria	Formato
1-1	Science@Direct	Guiding the choice of learning dashboard visualizations: Linking dashboard design and data visualization concepts	14	baseada nos dados	pizza
Trecho retirado do artigo		Descrição			
<i>A pie-chart is used to visualize the proportions of a whole using numbers that ideally sum up to 100%. This chart is recommended to visualize a limited number of proportions to avoid readability issues. Fig. 14 shows an example of visualizing the major four reasons of learner dropout while aggregating fewer common answers under “other reasons”</i>		O gráfico de pizza é adequado para representar a proporção das causas de evasão dos alunos, pois os dados representados podem ser somados e representar 100%. A coleção de classificadores necessita ser pequena para evitar problemas de legibilidade. Uma solução é apresentar as categorias principais e aglomerar o restante em “outras”			

Fonte: elaborado pelo autor

então formar uma lista de extrações únicas que poderiam ser abstraídas para compor as recomendações na fase seguinte. Nenhuma informação seria adicionada ou removida neste momento, o resultado desta etapa foi apenas a ordenação das extrações e está disponível no *Google Drive*².

Por fim, na etapa de **consolidação** todas as extrações referentes a um mesmo formato de gráfico foram abstraídas, unificadas e reescritas no formato de um parágrafo. Cada recomendação foi identificada por um código, este código de identificação possuía dois formatos: o formato para as recomendações era **Rn**, sendo **n** o número da recomendação (Ex. **R1**); e para as transversais era **RTn** (Ex. **RT2**). A *Tabela 6* apresenta um exemplo de recomendação já consolidada, onde as extrações [1-1], [7-4], [7-5], [8-1] foram reunidas e deram origem à recomendação **R1**. A lista contendo as informações sobre a **primeira versão** da proposta está disponível na *Tabela 7*.

Este processo deu origem a uma lista com 17 recomendações sobre formatos de visualizações específicos e 9 transversais que poderiam ser aplicadas para qualquer formato. O formato de cada recomendação ficou definido como: código de identificação; formato do gráfico; os códigos das extrações que deram origem à recomendação; e o texto da recomendação. O produto deste processo foi elaborado para permitir a validação do conteúdo das recomendações pelos especialistas, então a versão final da **primeira proposta** foi a planilha desenvolvida durante a etapa de **consolidação** e apresentada na *Tabela 7*.

² <https://drive.google.com/open?id=1fLjC9c9htN3t0qgb0lmzzMSgr9Ko-SIcrH_dgvRsoOo>

Tabela 6: Exemplo retirado da planilha de consolidação

Consolidação das extrações sobre o formato de pizza	
ID	R1
Formato	pizza
Extrações	[1-1], [7-4], [7-5], [8-1]
Recomendação	O gráfico de pizza fornece uma ideia clara, em caráter de <i>overview</i> , sobre as proporções das variáveis escolhidas em relação a um todo. Por isso, é adequado para representar a distribuição de alunos em categorias pré-determinadas, como exemplo: a proporção das causas de evasão ou o perfil dos alunos baseado nos dados de <i>background</i> (formação, idade, gênero, etc). A coleção de classificadores necessita ser pequena para evitar problemas de legibilidade, 5 opções parece ser uma boa escolha para evitar um problema de visualização conturbada. Uma solução para quando existem mais de 5 categorias é apresentar as 4 principais e aglomerar o restante em “outras”. Porém, o gráfico tende a esconder o valor exato de cada fatia, é possível utilizar <i>tooltips</i> para apresentar o valor real mediante interação do usuário

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 7: Primeira versão das recomendações

ID	Alvo	Extrações
R1	pizza	[1-1], [7-4], [7-5], [8-1]
R2	barra	[1-2], [1-17], [1-16]
R3	<i>boxplot</i>	[2-3]
R4	violino	[2-4]
R5	radar	[1-3], [1-4]
R6	área	[1-5], [1-7], [12-2]
R7	linha	[1-5], [1-6]
R8	coordenadas paralelas	[5-4]
R9	diagrama (rede de atividades)	[1-11], [13-1]
R10	nuvem de palavras	[1-8], [10-1]
R11	mapa	[1-9]
R12	mapa de calor	[12-1]
R13	<i>treemaps</i>	[4-1]
R14	dispersão	[1-10], [1-15], [5-1], [5-3]
R15	Q-Q	[2-5]
R16	<i>hexbin plot</i>	[5-2]
R17	bolha	[1-14]
RT1	interação	[1-12], [6-5]
RT2	interação	[1-13], [6-2]
RT3	interação	[2-1], [9-1]
RT4	interação	[3-1], [6-4]
RT5	sistema	[6-1], [7-1]
RT6	sistema	[6-3]
RT7	sistema	[7-3]
RT8	cores	[7-2]
RT9	algoritmos	[2-2]

Para aprimorar a apresentação da tabela, o texto da recomendação não está presente, a versão completa está disponível em: <<https://drive.google.com/open?id=186JM2Rk35d-ftyrO9dAy8iWlc9B83M895lfbX5Ef92Y>>

Fonte: elaborado pelo autor

4.4 Validação da proposta por especialistas

O objetivo principal desta etapa foi validar o resultado das etapas de **extração** e **consolidação**. Esta validação permitiu refinar as recomendações e agregar o conhecimento dos especialistas visando melhorar e estender a proposta final do guia de recomendações. Os três especialistas envolvidos neste processo de validação eram professores universitários ligados às áreas de Mineração de Dados Educacionais (**EDM**), **IHC** e **InfoVis**, suas linhas de pesquisa eram: **1º** - professor de IHC com especialidade em *UX* e informática na educação; **2º** - professor de IHC com especialidade em visualização de Dados Educacionais e construção de sistemas para *learning analytics*; e **3º** professor de Computação com especialidade em EDM e construção de sistemas para recomendação de conteúdo educacional baseado em análise de dados.

Para a **primeira fase** foi elaborado uma planilha eletrônica contendo as recomendações geradas pelo processo de **consolidação** da primeira proposta, para cada recomendação havia: o código de identificação; o nome do gráfico; uma imagem de exemplo (que poderia ser acessada mediante clique no nome do gráfico); o texto da recomendação; uma coluna onde o avaliador deveria deliberar seu parecer (**Aprovado**, **Parcialmente aprovado** ou **Reprovado**); uma coluna para comentários sobre o conteúdo da recomendação; e uma coluna para comentários sobre a escrita.

Cada avaliador recebeu um *link* para acesso a sua planilha via *e-mail*, o arquivo foi criado via *Google Sheets* e hospedado no *Google Drive*. Cada avaliador tinha acesso apenas a sua própria planilha e tinha permissão para acrescentar quantos campos e informações fossem necessárias. O formato desenvolvido para esta fase está disponível no *Google Drive*³.

Além de preencher todas as colunas dedicadas ao *feedback* específico sobre cada recomendação, todos os avaliadores criaram campos genéricos para tecer comentários sobre a estrutura e organização das recomendações. Um exemplo de *feedback* sobre a recomendação **R1** pode ser observada na [Tabela 8](#). Os arquivos contendo os *feedbacks* de cada especialista estão disponíveis no *Google Drive*, os arquivos estão identificados pela especialidade do avaliador, sendo: **EDM**⁴; **IHC**⁵; e **InfoVis**⁶.

Após todos os avaliadores declararem o término da primeira fase, os pareceres foram reunidos em um único arquivo e ordenados com base na recomendação que deu origem (Ex. todos os comentários referentes a **R1** foram agrupados). Esta organização proposta pela **segunda fase** permitiu ao autor observar as semelhanças entre os pareceres e realizar a consolidação dos *feedbacks* recebidos para elaborar um plano de ação visando refinar a **primeira proposta**.

³ <<https://drive.google.com/open?id=1UefeTQTeTECQNgpF8K5vOCzcwNFT5mC6BbBErArtFiM>>

⁴ <<https://drive.google.com/open?id=1qpzzo943IMGnsj2gtFohNKj8DU3QjpBvBWckZO4XY0M>>

⁵ <<https://drive.google.com/open?id=187HOnSeTh8TPeEWNt64m2B1ESxnTh6XhzOAicdqmUgw>>

⁶ <<https://drive.google.com/open?id=1BVn7GaU3OwWbkvLskBZSOamXVNBZmEBUkje8WVn87FA>>

Tabela 8: Exemplo retirado do *feedback* fornecido pelo especialista em IHC

Identificação da recomendação	
ID	R1
Formato	Pizza
Feedback do especialista	
Conceito	P
Sobre o conteúdo	-
Sobre a escrita	O trecho inteiro a seguir está difícil de entender. O que é coleção? o que visualização conturbada? “A coleção de classificadores necessita ser pequena para evitar problemas de legibilidade, 5 opções parece ser uma boa escolha para evitar um problema de visualização conturbada”

Fonte: elaborado pelo autor

Não houveram comentários conflitantes, todas as considerações dos avaliadores puderam ser consideradas complementares. Ao final desta fase foi gerada uma lista contendo 71 comentários relacionados a correções que deveriam ser aplicadas às recomendações, além de uma crítica geral recomendada pelos três avaliadores: o formato de apresentação das recomendações em parágrafo estava limitando a organização e apresentação das informações, o formato de apresentação deveria ser alterado. O arquivo contendo todas as correções está disponível no *Google Drive*⁷.

Com base nos pareceres dos especialistas a **terceira fase** foi executada para dar origem a nova versão do guia de recomendações. Sete das recomendações foram excluídas por apresentarem contribuições vagas ou por não deixarem claro qual era a aplicabilidade para a área de visualização sobre Dados Educacionais. As recomendações transversais receberam críticas em relação a quais formatos de visualização elas poderiam ser aplicadas e como seriam contextualizadas para cada uma delas, então optou-se por remover a classificação **transversal** e contextualizar o conteúdo das recomendações para cada visualização. Para organizar as ações realizadas sobre o processo de reorganização das recomendações foi elaborada a [Tabela 9](#).

Parte das correções sugeridas tinham como causa o formato de parágrafo, que foi considerado inadequado, pois suprimia detalhes importantes das extrações e não se mostrou adequado para consulta. A falta de uma estrutura padrão e navegável não permitia que o leitor pudesse buscar informações baseado em necessidades. Levando em consideração todos os pontos levantados pelos avaliadores foi decidido que um novo formato deveria ser elaborado para comportar todas as extrações de maneira organizada. Para definir quais seriam os tópicos, os dados gerados na etapa de **consolidação** (apresentada na [seção 4.3](#)) foram analisados novamente pelo autor em busca de categorizações que pudessem tipificar as recomendações com base nos resultados que ela agrega às visualizações. As categorias descobertas e o novo formato desenvolvido estão apresentados e discutidos na [seção 4.5](#).

⁷ <<https://drive.google.com/open?id=1lPPgUdrLtP5lAvIH-GBpKP688tVSvZ5TyMCEWWoRQNI>>

Tabela 9: Descrição do processo de reorganização das recomendações com base no *feedback* dos especialistas

ID	Ação
R2	Desmembrada para gerar duas recomendações, uma sobre barras horizontais e outra sobre barras verticais
R3	Removida pois apresentava aplicação vaga
R7	Agregada à R6, por isso foi removida
R8	Removida pois apresentava aplicação vaga
RT	As recomendações RT1, RT3, RT4 e RT8 foram contextualizadas para cada visualização
RT	As outras recomendações transversais foram removidas

Os IDs mencionados na primeira coluna desta tabela fazem referência a **primeira versão das recomendações**, apresentada na [seção 4.3](#)

Fonte: elaborado pelo autor

Levando em consideração a sugestão do especialista em IHC, a categorização das recomendações deixou de ser feita pelo formato do gráfico e passou a ser definida pela “aplicabilidade na área de *e-learning*”. Por fim, após a definição de um novo formato para estruturar as recomendações, as correções sugeridas foram aplicadas enquanto as informações eram inseridas nos tópicos do novo formato de apresentação do guia de recomendações. Este procedimento deu origem a versão final da proposta intitulada de **Vis2Learning** (pronuncia-se *Vis-two-Learning*, fazendo alusão a: Visualização para aprendizagem), que será apresentada em detalhes na [seção 4.5](#). Após a definição de um novo formato e aplicação de todas as correções apontadas o **Vis2Learning** foi apresentado e aprovado **sem ressalvas** pelo trio de especialistas.

4.5 Proposta final: Vis2Learning

O novo formato definido para o guia de recomendações seguiu um padrão organizado por tópicos onde todas as recomendações deveriam possuir a mesma formatação. O motivo para a escolha de uma estrutura fixa foi pensado para padronizar o acesso às informações que compõem às recomendações, uma vez que tendo conhecido a estrutura torna-se simples de obter informações específicas sobre cada cenário de utilização de visualização contemplado.

A categorização das recomendações ficou composta pelo código (ID) e aplicabilidade das recomendações para a área de *e-learning*, seu conteúdo contém os seguintes tópicos: formato do gráfico; finalidade; características; exemplo de aplicação; e recomendações gerais. Este último tópico abriga quatro subtópicos relacionados a interação do usuário com a visualização e seus dados, sendo eles: valor exato; filtros; marcação; e características específicas. Segue uma breve descrição sobre cada tópico presente na estrutura do **Vis2Learning**:

ID: código identificador da recomendação;

Aplicabilidade: exemplos conceituais sobre o tipo de observação onde o gráfico pode ser aplicado para área de *e-learning*, todos os exemplos foram retirados dos artigos analisados e das experiências dos avaliadores no tema;

Formato: formato de gráfico recomendado para a situação descrita pelo campo de aplicabilidade;

Finalidade: breve descrição conceitual sobre o tipo de dado cujo o formato de gráfico é destinado. Útil para auxiliar na escolha do formato baseando-se no tipo dos dados a serem representados ou para guiar a conversão dos dados disponíveis quando um determinado gráfico é exigido;

Características: descrição sobre a aparência das visualizações e informações inerentes ao formato. Recomendações para utilizar, ou como modificar, as características físicas em favor de uma melhor a visualização;

Exemplo de aplicação: descrição de um cenário que engloba os conceitos descritos no tópico “Aplicabilidade para área de *e-learning*” e aplica o formato de visualização descrito;

Recomendações gerais: este tópico abriga, de fato, os conhecimentos adquiridos com base nas experiências extraídas dos artigos. É um tópico que reúne os seguintes subtópicos: valor exato; filtros; marcação; e características específicas;

Valor exato: recomendações acerca de funcionalidades e suas características, que permitem ao usuário obter o valor exato de um elemento presente na visualização. Ex. exibir uma *tooltip* com o valor exato quando o ponteiro do mouse for posicionado sob um elemento;

Filtros: descrição sobre a possibilidade de desenvolvimento de funcionalidades para filtrar os dados que são demonstrados no gráfico. Ex. remover dados que foram desmarcados na legenda;

Marcação: funcionalidades para ressaltar informações presentes no gráfico. Ex. destacar a fatia correspondente a uma categoria selecionada na legenda;

Características específicas: recomendações que não são cobertas pelos tópicos anteriores e que geralmente são casos específicos para cada formato de visualização. Ex. não utilizar barras em 3D pois pode prejudicar a comparação entre as variáveis.

Para exemplificar a nova estrutura e seus campos foi elaborada a [Tabela 10](#) com base no conteúdo da recomendação **R1**, destaca-se que esta recomendação é um componente da versão final do **Vis2Learning**. Ou seja, ela é a versão corrigida da recomendação **R1** presente na primeira versão da proposta e apresentada na [Tabela 6](#). A **R1** em questão é fruto da extração citada na [Tabela 5](#) e corrigida pelo *feedback* dos avaliadores, uma das

correções aplicadas foi o exemplo mencionado na [Tabela 8](#).

Tabela 10: Exemplo de recomendação presente no **Vis2Learning**

Identificação	
ID	R1
Aplicabilidade	Representar a distribuição dos dados de alunos em categorias pré-determinadas.
Informações	
Formato	Pizza
Finalidade	Representar a proporção de variáveis em relação ao todo
Características	O gráfico de pizza fornece uma visão em caráter de <i>overview</i> sobre as proporções das variáveis escolhidas (fatias) em relação ao todo (pizza completa = soma das fatias)
	Obrigatoriamente as variáveis representadas devem compor 100% ao serem somadas.
Exemplo de aplicação	Observar a proporção das causas de evasão
	Visualizar o perfil dos alunos baseado nos dados de <i>background</i> (formação, idade, gênero, etc)
Recomendações gerais	
Valor exato	O gráfico tende a esconder o valor exato de cada fatia, é possível utilizar <i>tooltips</i> , ou legendas, para apresentar o valor real para o usuário
	Legendas demonstrando o valor total de todas as categorias do gráfico pode ser adequado quando o número de classificadores é grande
Filtros	Normalmente não aplicado
Marcação	Ressaltar a fatia correspondente a categoria selecionada por meio de interação do usuário
Características específicas	A quantidade de classificadores necessita ser pequena para evitar problemas de legibilidade, 5 opções parece ser uma boa escolha para evitar que os dados fiquem amontoados ou pequenos demais para se observar
	Uma solução para quando existem mais de 5 categorias é apresentar as 4 principais e aglomerar o restante como “outras”.

Fonte: elaborado pelo autor

Após o novo formato definido, todas extrações validadas pelos avaliadores foi reorganizada para compor a nova versão das recomendações. O novo formato não possui limitação na quantidade de informações por tópico, em um primeiro momento isto permitiu que detalhes específicos retirados dos artigos não fossem suprimidos. Além disso, este formato fornece estrutura para que o guia de recomendações seja apresentado no formato de catálogo, e possa ser expandido por pesquisas futuras incluindo novos formatos de visualização ou novas informações aos cenários de uso existentes.

A estrutura de tópicos é fixa, independente do formato da visualização. Quando uma visualização não possui recomendações sobre um determinado tópico o mesmo é mantido em branco, quando o tópico possui indícios que não deve ser utilizado para uma determinada visualização o mesmo foi preenchido com “**normalmente não aplicado**”. Ou seja, um campo vazio não significa inexistência de recomendações daquele tipo para um determinado gráfico, significa apenas que no escopo desta pesquisa não foram encontradas experiências que pudessem contribuir para aquela abordagem.

As recomendações que eram transversais foram contextualizadas e incorporadas para cada formato de visualização. Como as recomendações transversais versavam sobre diferentes aspectos em cada formato (cores, formas, tamanhos, etc.), sendo inclusive não aplicável em alguns, surgiu a necessidade de criação de um espaço que fosse abrangente e pudesse abrigar recomendações diversas, com isto o subtópico **características específicas**

foi criado.

O **Vis2Learning** dispõe de um total de 59 recomendações distribuídas entre 15 cenários de uso para formatos distintos de visualizações. Para cada formato de visualização existe um campo de caracterização que foi extraído da literatura sobre os tipos de dados que ele pode representar. Além disto as recomendações descrevem 24 exemplos de aplicação dos formatos dentro do contexto educacional baseado nas experiências dos autores mencionados na seção 3.8. Conta também com a experiência do trio de especialistas que participou da avaliação descrita na seção 4.4. Para melhorar a organização e a visibilidade da obra, às recomendações estão reunidas na subseção 4.5.1. Há também uma versão interativa com imagens exemplificando cada formato de gráfico contemplado no *Google Drive*⁸.

4.5.1 O Vis2Learning

Esta subseção concentra a versão final do **Vis2Learning** organizado no formato de tabelas. Cada tabela representa as informações coletadas sobre um cenário de aplicação de uma visualização (aplicabilidade). A organização dos tópicos presentes nas recomendações está apresentada na seção 4.5. Todas as tabelas presentes nesta subseção são de elaboração do autor.

Tabela 11: Recomendação R1 do **Vis2Learning**

Identificação	
ID	R1
Aplicabilidade	Representar a distribuição dos dados de alunos em categorias pré-determinadas
Informações	
Formato	Pizza
Finalidade	Representar a proporção de variáveis em relação ao todo
Características	O gráfico de pizza fornece uma visão em caráter de <i>overview</i> sobre as proporções das variáveis escolhidas (fatias) em relação ao todo (pizza completa = soma das fatias)
	Obrigatoriamente as variáveis representadas devem compor 100% ao serem somadas.
Exemplo de aplicação	Observar a proporção das causas de evasão
	Visualizar o perfil dos alunos baseado nos dados de <i>background</i> (formação, idade, gênero, etc)
Recomendações gerais	
Valor exato	O gráfico tende a esconder o valor exato de cada fatia, é possível utilizar <i>tooltips</i> , ou legendas, para apresentar o valor real para o usuário
	Legendas demonstrando o valor total de todas as categorias do gráfico pode ser adequado quando o número de classificadores é grande
Filtros	Normalmente não aplicado
Marcação	Ressaltar a fatia correspondente a categoria selecionada por meio de interação do usuário
Características específicas	A quantidade de classificadores necessita ser pequena para evitar problemas de legibilidade, 5 opções parece ser uma boa escolha para evitar que os dados fiquem amontoados ou pequenos demais para se observar
	Uma solução para quando existem mais de 5 categorias é apresentar as 4 principais e aglomerar o restante como “outras”.

⁸ <https://drive.google.com/open?id=1iPPm9h0Q7GJNaeObntMOC74EJLn_gou5YMJJz8UoSJU>

Tabela 12: Recomendação R2 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R2
Aplicabilidade	Observar a composição de valores finais (Ex. notas da disciplina)
Informações	
Formato	Barra horizontal
Finalidade	Representar valores quantitativos (Eixo X) identificados por categoria (Eixo Y)
Características	Na modalidade agregada, cada barra é composta por duas ou mais barras dispostas uma sobre a outra para representar a ideia de partes de um todo
	A modalidade agregada só é possível quando as variáveis podem ser somadas para representar um total válido (partes de um todo)
	A soma dos valores quantitativos representados pelas barras dispostas lado a lado não agregam, necessariamente, valor para a análise.
	Ideal quando os dados a serem observados possuem um dos eixos sendo “tempo”, pois o eixo X pode representar bem a ideia de linha do tempo enquanto as barras dispostas a partir do eixo Y representam variáveis quantitativas.
Exemplo de aplicação	Observação da composição das médias do aluno no decorrer de uma disciplina/curso, no modo agregado, onde cada barra completa representa a nota total de um aluno e cada pedaço da barra representa um quesito que compõe a nota (Ex. provas, tarefas, trabalho em grupo)
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar tooltips quando o mouse for posicionado sobre uma barra, ou legendas, para fornecer o valor real
Filtros	Fornecer a possibilidade de mostrar alunos específicos
Marcação	Ressaltar a barra completa referente ao aluno selecionado por meio de interação do usuário
Características específicas	Ao utilizar barras aglomeradas é importante utilizar cores e padrões (Ex. riscos, pontos, tracejados) para identificar bem o tamanho de cada pedaço da barra
	O formato 3D deste gráfico pode atrapalhar a comparação entre os dados e deturpar a percepção, por isso deve ser evitado

Tabela 13: Recomendação R3 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R3
Aplicabilidade	Comparar valores entre si ou em casos onde existe uma média/valor ideal predefinido
Informações	
Formato	Barra vertical
Finalidade	Representar valores quantitativos (Eixo Y) identificados por categoria (Eixo X)
Características	A soma do quantitativo de todas as barras não agregam, necessariamente, valor para a análise
Exemplo de aplicação	Mostrar ao aluno o seu desempenho em relação a média da sala para auxiliá-lo no controle de seus estudos. A utilização deste tipo de visualização desperta nos usuários a necessidade de adequar os planos para atingir os resultados esperados
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar <i>tooltips</i> quando o mouse for posicionado sobre uma barra, ou legendas, para fornecer o valor real
Filtros	Fornecer a possibilidade de mostrar alunos específicos
Marcação	Ressaltar a barra correspondente ao aluno selecionado por meio de interação do usuário
	Diferenciar as barras com cores e padrões
Características específicas	O formato 3D deste gráfico pode atrapalhar a comparação entre os dados e deturpar a percepção, por isso deve ser evitado

Tabela 14: Recomendação R4 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R4
Aplicabilidade	Observar, de maneira rápida, a existência de subgrupos através da visualização da distribuição dos dados
Informações	
Formato	Violino
Finalidade	Representar a distribuição de um conjunto de dados relativo a uma variável ao longo de sua escala (min. e max.)
Características	Neste gráfico os dados são distribuídos ao longo de uma linha que representa os valores possíveis, os dados representados são relativos a uma só variável, porém, com identificadores diferentes (dono da informação)
	Permite visualizar a existência de subgrupos nos dados sem a necessidade de aplicação de fórmulas ou algoritmos
Exemplo de aplicação	Observar as notas de uma atividade ou disciplina para identificar subgrupos como: alunos aprovados, em recuperação ou reprovados
	Observar a quantidade de alunos notas acima/abaixo da média (ou qualquer outra nota)
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar <i>tooltips</i> quando o mouse for posicionado sobre um ponto para fornecer o valor real
Filtros	Normalmente não aplicado
Marcação	Ressaltar o ponto na linha relacionado ao aluno selecionado por meio de interação do usuário
Características específicas	Cores e padrões podem ser utilizados para demarcar faixas de dados (grupos) de acordo com a interação do usuário

Tabela 15: Recomendação R5 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R5
Aplicabilidade	Observar a diferença entre dados coletados da interação de vários alunos com o mesmo material
Informações	
Formato	Radar
Finalidade	Representar o valor de 3 ou mais variáveis quantitativas que possuem um identificador comum (dono das informações)
Características	O gráfico radar é composto de hastes, linhas e pontos onde: as hastes representam os valores possíveis para cada variável; a linha que interliga todas as hastes representa um conjunto de dados que possui um “dono”; o ponto da haste que a linha toca representa o valor daquela variável atribuída àquele “dono” (conjunto que a linha representa)
	O gráfico pode conter várias linhas, cada uma representando um conjunto sendo diferenciada por cores
	A funcionalidade do gráfico radar pode ser estendida ao adicionar um gráfico de barras no centro, com isso é possível representar uma 3ª variável
Exemplo de aplicação	Observar as notas de grupos que executaram as mesmas atividades a fim de direcionar o <i>feedback</i> sobre quais atividades um determinado grupo precisa estudar mais
	Observar o equilíbrio da formação dos grupos ao analisar o desempenho nas atividades
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar <i>tooltips</i> quando o mouse for posicionado sobre um ponto para fornecer o valor real
Filtros	Fornecer a possibilidade de mostrar alunos/grupos específicos
Marcação	Ressaltar a linha relacionada ao aluno selecionado por meio de interação do usuário
Características específicas	Utilizar padrões (Ex. riscos, pontos, tracejados) para diferenciar e identificar as linhas em casos onde as cores não são disponíveis
	Fornecer legendas para especificar os formatos e cores usados no gráfico

Tabela 16: Recomendação R6 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R6
Aplicabilidade	Representar resultados intermediários e a evolução do aluno, bem como a magnitude das mudanças no decorrer do tempo
Informações	
Formato	Gráfico de área
Finalidade	Representar variáveis que têm seus dados associados a ideia de progressão (porcentagem concluída, tempo decorrido)
Características	Uma linha contínua passa por todos os pontos de cruzamento entre os eixos X e Y, podem haver diversas linhas representando diversos grupos de dados
	Idealmente o eixo X deve abrigar a escala de progressão (Ex. tempo, passos, progressão), enquanto o Y pode abrigar variáveis quantitativas
Exemplo de aplicação	Observar a distribuição do tempo gasto em cada questão de uma atividade para auxiliar o aluno a obter consciência sobre o seu progresso para avaliar a necessidade de alteração no ritmo dos estudos
	Pode ser usado para visualizar o desempenho de grupos em relação ao esperado para encontrar padrões que podem representar dificuldades entre todos
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar <i>tooltips</i> quando o mouse for posicionado sobre um ponto para fornecer o valor real
Filtros	Fornecer a possibilidade de mostrar alunos específicos
Marcação	Quando representar muitas variáveis, cores com transparência podem ser úteis para evitar perder informações por conta da sobreposição
Características específicas	Utilizar padrões (Ex. riscos, pontos, tracejados) para diferenciar e identificar as áreas em casos onde as cores não são disponíveis
	O formato 3D deste gráfico pode atrapalhar a comparação entre os dados e deturpar a percepção, por isso deve ser evitado
	Fornecer legendas para especificar os formatos e cores usados no gráfico

Tabela 17: Recomendação R7 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R7
Aplicabilidade	Representar o <i>design</i> instrucional de uma disciplina ou processos de um projeto em grupo
Informações	
Formato	Diagrama (rede de atividades)
Finalidade	Representar o caminho percorrido durante a execução de um processo
Características	Neste gráfico formas geométricas representam atividades e setas representam o processo executado/planejado para execução
	Este gráfico não representa informações quantitativas em sua forma normal
Exemplo de aplicação	O professor pode visualizar de maneira linear a disposição das atividades e observar todos os fatores que compõem e afetam o fluxo, permitindo analisar a importância na ordem de execução escolhida e verificar problemas e necessidades de melhorias na condução
Recomendações gerais	
Valor exato	Normalmente não aplicado.
Filtros	Normalmente não aplicado.
Marcação	Cores podem ser associadas as setas para indicar etapas onde houve atraso ou problemas durante a execução
Características específicas	Utilizar padrões (Ex. riscos, pontos, tracejados) para diferenciar e identificar em casos onde as cores não são disponíveis
	Fornecer legendas para especificar os formatos e cores usados no gráfico

Tabela 18: Recomendação R8 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R8
Aplicabilidade	Observar os termos mais utilizados em uma aula ou em uma discussão no fórum
Informações	
Formato	Nuvem de palavras
Finalidade	Representar a ocorrência de um termo dentro de uma amostra
Características	Este gráfico fornece um <i>feedback</i> rápido com pouca precisão, sua apresentação codifica poucas variáveis sendo o tamanho de cada palavra sua popularidade na amostra, porém, o valor real não é apresentado
	Por se tratar de um gráfico simples de ser manipulado/montado, é possível utilizá-lo em tempo real
	Neste gráfico o valor exato que determina o tamanho da palavra muitas vezes é subjetivo para a análise
Exemplo de aplicação	Guiar uma explicação para um grupo de alunos, onde o professor pode reforçar o entendimento da sala sobre os termos que mais aparecem no texto
	Útil como <i>index</i> para o fórum ao atrelar os links das discussões às palavras
	Visualizar as questões mais acertadas pela turma
Recomendações gerais	
Valor exato	Fornecer ao usuário por meio de legendas ou tooltips o valor das ocorrências e sua classificação (Ex. 250 vezes, 3ª palavra mais repetida)
Filtros	Possibilitar a oportunidade de remover palavras da classificação (Ex. Não considerar a palavra “noite”)
Marcação	Normalmente não aplicado
Características específicas	

Tabela 19: Recomendação R9 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R9
Aplicabilidade	Habilita o professor a realizar análises baseada na localidade da turma. Ideal para ambientes EAD que reúnem alunos de diversas localidades
Informações	
Formato	Mapa
Finalidade	Representar a distribuição de dados quando estes possuem um identificador que pode ser atrelado a uma localidade, Ex. países/estados/cidades/bairros
Características	Este gráfico geralmente se apresenta em forma de mapa-mundi, conforme necessidade dos dados/usuários algumas regiões do mapa tomam o foco
	O gráfico é dependente da intensidade das cores para representar o teor quantitativo dos dados
	As cores apenas informam um <i>overview</i> de maior e menor em relação a todos os dados apresentados
Exemplo de aplicação	Visualizar as taxas de evasão ou comprometimento por localidade
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar <i>tooltips</i> quando o mouse for posicionado sobre uma localidade para fornecer o valor real
Filtros	Zoom para aproximar da localidade desejada (Ex. apenas continente americano, apenas SP)
Marcação	Ressaltar uma localidade selecionada pelo usuário por meio de interação
Características específicas	Utilizar tons da mesma cor para representar a ideia de maior e menor, não utilizar diferentes cores para este fim

Tabela 20: Recomendação R10 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R10
Aplicabilidade	Analisar o desempenho de grandes grupos de alunos
Informações	
Formato	Mapa de calor
Finalidade	Representar informações que possuem 3 variáveis envolvidas, sendo X e Y categorias e Z podendo ser quantitativo ou categoria
Características	Em sua forma padrão este gráfico é montado sobre um plano cartesiano e o ponto de cruzamento dos dados X e Y é marcado com uma cor que representa a 3ª variável
	Na forma padrão não é possível determinar o valor absoluto de cada célula, porém, com a apresentação por cores é mais simples encontrar padrões nos dados em relação à uma tabela com números
	Há também projeções deste gráfico sobre imagens onde o X e Y são coordenadas e o Z uma variável quantitativa que representa a quantidade de vezes que aquele ponto foi observado
Exemplo de aplicação	Visualizar o desempenho medido dos alunos para encontrar padrões baseado nas cores, possibilitando organiza-los por características em comum (Ex. todos os alunos que foram mal na prova 1)
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar <i>tooltips</i> quando o mouse for posicionado sobre uma célula para fornecer o valor real
	Quando disponível fornecer uma legenda com o valor absoluto dentro da célula
Filtros	Normalmente não aplicado
Marcação	Normalmente não aplicado
Características específicas	Utilizar padrões (Ex. riscos, pontos, tracejados) para diferenciar e identificar em casos onde as cores não são disponíveis
	Fornecer legendas para especificar os formatos e cores usados no gráfico

Tabela 21: Recomendação R11 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R11
Aplicabilidade	Visualizar dados de participação, quando categorizado por tópicos, de maneira ranqueada
Informações	
Formato	Gráfico de mapa de árvore
Finalidade	Representar dados que seguem uma distribuição hierárquica bem definida e podem ser somados para representar um total
Características	Em sua forma padrão este gráfico mantém um formato retangular preenchendo todo o espaço a ele dedicado, sendo indicado quando o espaço dedicado para o gráfico é pequeno
	O <i>treemap</i> é adequado para agregar uma visualização global sobre a hierarquia existente nos dados e a porcentagem que cada categoria representa no todo
	Em sua forma padrão este gráfico utiliza formas retangulares para representar os dados, porém, há projeções no formato circular semelhante a um gráfico pizza
Exemplo de aplicação	Visualizar o volume dos tópicos discutidos em fóruns de sistemas <i>e-learning</i> , sendo possível observar de maneira ranqueada a distribuição dos tópicos mais comentados
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar <i>tooltips</i> quando o mouse for posicionado sobre um retângulo para fornecer o valor real
Filtros	Normalmente não aplicado
Marcação	Normalmente não aplicado
Características específicas	Utilizar tons da mesma cor para representar a ideia de maior e menor, não utilizar diferentes cores para este fim

Tabela 22: Recomendação R12 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R12
Aplicabilidade	Comparação de conjuntos de dados medidos na mesma fonte (Ex. notas da atividade X), porém, com métodos de execução diferentes (Ex. um grupo fez a atividade <i>online</i> e o outro em papel), para verificar se há relação de causa efeito na alteração do método
Informações	
Formato	Gráfico de dispersão
Finalidade	Representar dois ou mais conjuntos de dados (Y) que são relacionados a uma variável categórica (X) a fim de observar relação entre os grupos
Características	Este gráfico se utiliza de um plano cartesiano para comparar dois conjuntos de dados que são apresentados no formato de pontos no cruzamento dos eixos X e Y
	Ao ser usado com apenas um conjunto de dados se torna um gráfico de pontos
	O gráfico de dispersão não é adequado para visões gerais sobre dados com alta densidade, pois inevitavelmente o grande volume de dados fará com que o gráfico fique cheio de linhas ou “manchas” de pontos, dificultando a interpretação e obtenção de dados específicos
Exemplo de aplicação	Comparar a nota dos alunos nas atividades feitas de maneira <i>online</i> e <i>offline</i> para identificar padrões relacionados ao método de aplicação
	Comparar a média dos alunos com o tempo gasto nas atividades para identificar casos onde o aluno precisa de mais aplicação aos estudos (modo gráfico de pontos)
	Observar as diferenças de desempenho entre os alunos (modo gráfico de pontos)
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar tooltips quando o mouse for posicionado sobre um ponto para fornecer o valor referente a X e Y
Filtros	Normalmente não aplicado
Marcação	Os “pontos” referentes a cada grupo devem ser identificados com cores e formatos (Ex. grupo A representado por bolinhas verdes, grupos B com triângulos azuis)
Características específicas	Em situações onde se faz necessário comparar mais de um par de variáveis, uma matriz de <i>scatter plots</i> pode representar bem pois um gráfico apenas esta limitado a representar 3 variáveis (X, Y e “ponto”)
	Legendas para especificar os formatos e cores usados no gráfico

Tabela 23: Recomendação R13 do Vis2Learning

Identificação	
ID	R13
Aplicabilidade	Comparar o desempenho medido de um grupo com os valores considerados ideais
Informações	
Formato	Gráfico Q-Q
Finalidade	Representar a distribuição de um grupo de dados ao redor de uma linha de distribuição teórica normal
Características	Este gráfico possui eixos X e Y, sendo o X com os valores medidos e o Y com os valores esperados
	Adequado ser utilizado junto a um violino para corroborar a existência de subgrupos nos dados
Exemplo de aplicação	Visualizar as notas dos alunos para encontrar grupos (Ex. aprovados, reprovados)
	Verificar se o nível de dificuldade da atividade foi equilibrado
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar <i>tooltips</i> quando o mouse for posicionado sobre um ponto para fornecer o valor referente a X e Y e o nome do aluno (dono da informação)
Filtros	Normalmente não aplicado
Marcação	Ressaltar o ponto relacionado ao aluno selecionado por meio de interação do usuário
	Adicionar marcações para definir grupos de dados baseados na classificação dos valores (maior que, menor que)
Características específicas	

Tabela 24: Recomendação R14 do **Vis2Learning**

Identificação	
ID	R14
Aplicabilidade	Auxilia a comparar conjuntos de informações que possuem grande volume (alta densidade) para encontrar padrões entre os dados
Informações	
Formato	Gráfico de colmeia
Finalidade	Representar informações que possuem 3 variáveis envolvidas, sendo X e Y categorias e Z podendo ser quantitativo ou categoria
Características	Um hexágono representa o ponto de cruzamento entre 2 dados (X e Y) e sua cor pode codificar uma 3ª variável (Z)
	Os “pontos” neste gráfico são substituídos por hexágonos, para que os dados não fiquem sobrepostos e sim “encaixados” aproveitando todo o espaço sem restar lacunas na visualização
Exemplo de aplicação	Visualizar a duração de sessão associada às notas de cada aluno em um AVA
Recomendações gerais	
Valor exato	Utilizar <i>tooltips</i> quando o mouse for posicionado sobre um ponto para fornecer o valor referente a X e Y e o nome do aluno (dono da informação)
Filtros	Normalmente não aplicado
Marcação	Bordas sombreadas servem para ressaltar bem os limites dos dados que ficam próximos por conta da densidade da informação
Características específicas	Utilizar diferentes cores para representar a ideia de maior e menor, aliado a legenda para especificar as cores usadas no gráfico
	Utilizar padrões (Ex. riscos, pontos, tracejados) para diferenciar e identificar em casos onde as cores não são disponíveis

Tabela 25: Recomendação R15 do **Vis2Learning**

Identificação	
ID	R15
Aplicabilidade	Fornecer um <i>overview</i> em situações que envolvem 3 variáveis (X,Y e Z). Onde o X e Y são categorias e o Z é quantitativo
Informações	
Formato	Gráfico de bolha
Finalidade	Representar uma variável quantitativa (tamanho da bolha) distribuída em um plano X e Y categóricos
Características	Uma bolha representa o ponto de cruzamento de 2 variáveis que representam categorias (X e Y), enquanto o tamanho da bolha representa uma variável quantitativa associada a este cruzamento
	O gráfico de bolhas é ideal para fornecer um <i>overview</i> da informação passando a ideia clara do quantitativo de cada ponto
Exemplo de aplicação	Visualizar o engajamento dos alunos ao visualizar a frequência com que os mesmos acessam os materiais de ensino e a origem do acesso (Computador, celular, <i>tablet</i> , etc.)
Recomendações gerais	
Valor exato	Quando houver espaço disponível é ideal acrescentar uma legenda dentro da bolha para fornecer o valor exato. Em casos onde o espaço é limitado o uso de <i>tooltips</i> é recomendado
Filtros	Permitir a escolha de quais alunos terão seus dados demonstrados no gráfico
Marcação	Ressaltar a bolha referente ao aluno selecionado por meio de interação do usuário
Características específicas	Pode ser utilizado cores nas bolhas para codificar uma variável categórica

4.6 Comparação das extrações com o *framework* de Munzner (2014)

Conforme discutido na seção 2.4, o *framework* de Munzner (2014) auxilia desenvolvedores a projetar visualizações que levem em consideração os dados, tarefas e conhecimento do usuário. O *framework* não é orientado a um domínio específico, ele é formado por processos genéricos para que o pesquisador possa adequar às necessidades do domínio trabalhado. Além dos processos a autora descreve algumas “*rules of thumbs*”⁹ para melhorar a qualidade das visualizações desenvolvidas. Assim como os processos, as regras são genéricas e geralmente baseadas em características inerentes aos dados reportados.

O processo proposto por Munzner (2014) é incremental, e antes que o desenvolvedor possa fazer uso das recomendações ele deve passar pelas primeiras etapas que são focadas em pesquisa bibliográfica e investigação do usuário dentro do contexto de trabalho. Conforme discutido na seção 2.5 e aprofundado no Capítulo 3, há indícios de que os desenvolvedores não tem trabalhado sobre o contexto ou envolvido o usuário no processo de desenvolvimento, dando origem assim a ferramentas que não favorecem os aspectos da interação dos usuários em suas funcionalidades.

Com o objetivo de trabalhar sobre esta lacuna o **Vis2Learning** foi desenvolvido com base em experiências de campo de desenvolvedores dentro do contexto educacional. Esta característica permitiu agregar diversas lições aprendidas, possibilitando que pesquisadores tenham disponível um guia de recomendações com informações relevantes para a contextualização do processo de desenvolvimento sobre visualizações no cenário educacional. Para avaliar se o **Vis2Learning** incluiu informações relacionadas às “*rules of thumbs*” de Munzner (2014) uma comparação entre obras foi planejada.

Para gerar artefatos que permitissem a comparação entre o **Vis2Learning** e as recomendações de Munzner (2014) foi necessário um processo de **extração**, uma vez que as recomendações da autora estão dispostas no formato de seções de um capítulo. A autora descreve cenários de uso para visualizações e contextualiza algumas ações que podem melhorar a qualidade da representação dos dados e da interação do usuário.

O processo de **extração** foi organizado de maneira semelhante ao descrito na seção 4.3. O capítulo do livro de Munzner (2014) referente às recomendações foi lido e o trecho referente a recomendação recortado na íntegra e armazenado em uma planilha. As extrações foram organizadas por: um código sequencial (**Tn**); a página em que foi encontrada; o número da seção; uma categorização (**modelagem** ou **interação**); o trecho recortado; e uma reflexão feita pelo autor.

Os tipos de categorização possíveis na etapa de extração eram: **modelagem** ou **interação**. Uma recomendação seria categorizada como **modelagem** quando seu alvo era

⁹ Termo usado por Munzner (2014) para identificar suas recomendações sobre a escolha dos formatos de visualizações

sobre o formato da visualização. Quando a recomendação versava sobre características relacionadas a interação ou interpretação dos dados por parte do usuário era categorizada como **interação**. A reflexão do autor foi feita com base no contexto do livro e não apenas no trecho extraído, isto serviu para situar as recomendações dentro de um cenário facilitando assim sua comparação com o material elaborado para o **Vis2Learning**.

O processo de leitura e extração encontrou um total de 15 recomendações na obra de Munzner (2014), sendo 9 categorizadas como **interação** e 6 como **modelagem**. Não foram necessárias mais etapas no processo de extração pois as recomendações estavam reunidas e organizadas em um único capítulo, não havendo risco de duplicidade tampouco necessidade de consolidação. Para exemplificar o resultado deste processo a Tabela 26 foi elaborada apresentando a extração **T1**, o arquivo contendo todas as extrações está disponível no *Google Drive*¹⁰.

Tabela 26: Exemplo de extração da obra de Munzner (2014)

Identificação	
ID	T1
Página	117
Capítulo	6.3
Categoria	Modelagem
Resultado da extração	
Recorte	<i>3D vis is easy to justify when the user's task involves shape understanding of inherently three-dimensional structures. In this case, which frequently occurs with inherently spatial data, the benefits of 3D absolutely outweigh the costs, and designers can use the many interaction idioms designed to mitigate those costs</i>
Descrição	Visualizações 3D devem ser utilizadas apenas quando o usuário interage com dados espaciais e estruturas que realmente são 3D, fora destes casos o 3D apenas aumenta os “custos” da visualização

Fonte: elaborado pelo autor

Traçando um paralelo entre as recomendações definidas na seção 4.3, todas as recomendações de Munzner (2014) podem ser consideradas como **transversais**, visto que nenhuma delas é focada sobre um formato de visualização específico. Esta característica permitiu que o **Vis2Learning** fosse comparado com todas as recomendações extraídas da autora a fim de observar se as recomendações presentes no **Vis2Learning** incluem as boas práticas discutidas por Munzner (2014).

As extrações da autora foram comparadas com o conteúdo do **Vis2Learning** em busca de “ligações”. Foi considerado como uma **ligação** quando as informações do Vis2Learning englobavam as recomendações de Munzner (2014). Para categorizar a intensidade das ligações foi definido um índice que variava de 1 a 3, sendo: **1** - recomendações muito semelhantes; **2** - conceito aplicado de maneira contextualizada; e **3** - conceito parcialmente aplicado.

¹⁰ <https://drive.google.com/open?id=1CBMZPn_ppBq9wqKtyr_mkv-MN-lyN06vhI3vVpzKfKU>

A referência para esta etapa foram as recomendações descritas por Munzner (2014), então uma ligação receberia o índice **1** quando as recomendações do **Vis2Learning** tinham sua aplicação com o mesmo objetivo do texto da autora. Já o índice **2** era destinado para as recomendações que aplicavam conceitos descritos nas “rules of thumb” de maneira contextualizada para o cenário educacional, enquanto o índice **3** era utilizado quando o Vis2Learning apresentasse aspectos semelhantes à recomendação da autora. A realização deste processo deu origem a **35** ligações entre as obras, cada ligação é formulada por: um código (**Ln**), a referência ao tópico do Vis2Learning (**Rn**), referência a extração de Munzner (2014) (**Tn**); e o índice da intensidade de aplicação (1-3). As ligações encontradas entre os tópicos do **Vis2Learning** e as extrações da obra de Munzner (2014) está disponível na Tabela 27.

Tabela 27: Ligações entre o **Vis2Learning** e a obra de Munzner (2014)

Ln	Vn	Tn	Nível
L1	R1	T4	2
L2	R1	T6	2
L3	R2	T3	2
L4	R2	T6	2
L5	R2	T14	2
L6	R2	T5	1
L7	R2	T15	3
L8	R3	T14	2
L9	R3	T6	2
L10	R3	T5	1
L11	R3	T2	3
L12	R4	T6	2
L13	R4	T15	3
L14	R5	T14	2
L15	R5	T15	3
L16	R6	T14	2
L17	R6	T15	3
L18	R6	T5	1

Ln	Vn	Tn	Nível
L19	R6	T4	3
L20	R7	T15	3
L21	R8	T14	2
L22	R9	T14	2
L23	R9	T6	2
L24	R9	T15	3
L25	R10	T14	2
L26	R10	T15	3
L27	R11	T15	3
L28	R12	T15	3
L29	R12	T6	2
L30	R13	T6	2
L31	R13	T14	2
L32	R14	T6	1
L33	R14	T15	1
L34	R15	T15	3
L35	R15	T14	2

Legenda: **1** - recomendações muito semelhantes; **2** - conceito aplicado de maneira contextualizada; **3** - conceito parcialmente aplicado.

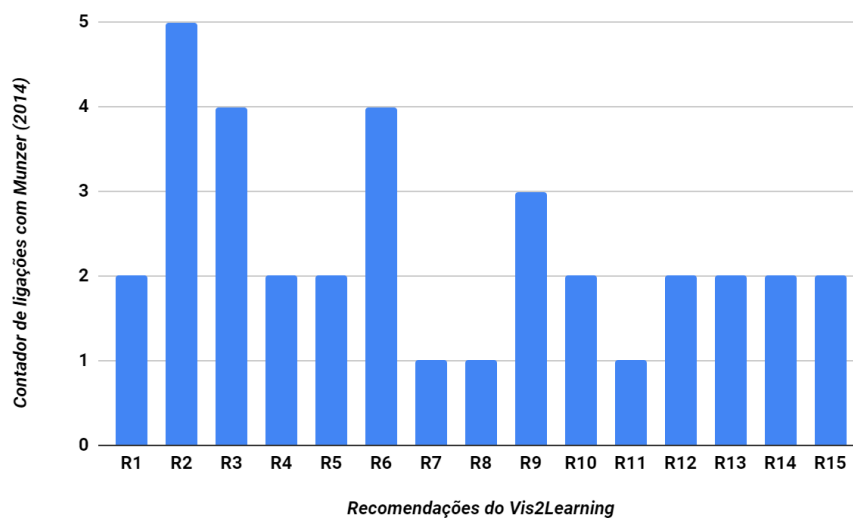
Fonte: elaborado pelo autor

Com a comparação entre obras conclui-se que **todas** as recomendações presentes no Vis2Learning possuem elementos que estão presentes nas “rules of thumbs” de Munzner (2014). A Figura 9 apresenta um *overview* sobre o quantitativo das ligações entre as obras, nota-se que todos os tópicos do **Vis2Learning** estabeleceram ao menos **uma** ligação com as recomendações de Munzner (2014). A maioria dos tópicos (8 de 15) estabeleceu duas ligações com a autora, destaca-se os tópicos **R2**, **R3**, **R6** e **R9** por apresentarem adesão a três ou mais recomendações da autora.

Para observar as ligações entre as obras e os índices que representavam a intensidade de aplicação, foi elaborado um gráfico de bolhas que está apresentado na Figura 10. Por

meio deste gráfico observa-se que boa parte das ligações (18 de 35) apresentaram o índice **2** (bolha na cor vermelha), indicando que as recomendações de [Munzner \(2014\)](#) estão sendo aplicadas de maneira contextualizada no **Vis2Learning**. O foco das recomendações de [Munzner \(2014\)](#) está na interação do usuário com as visualizações, os índices de ligação entre a autora e o **Vis2Learning** sugerem que este possui uma boa amplitude sobre recomendações que agregam abordagens com foco na interação do usuário para construção de visualizações.

Figura 9: Gráfico de colunas representando a quantidade de ligações entre as recomendações de [Munzner \(2014\)](#) e o **Vis2Learning**

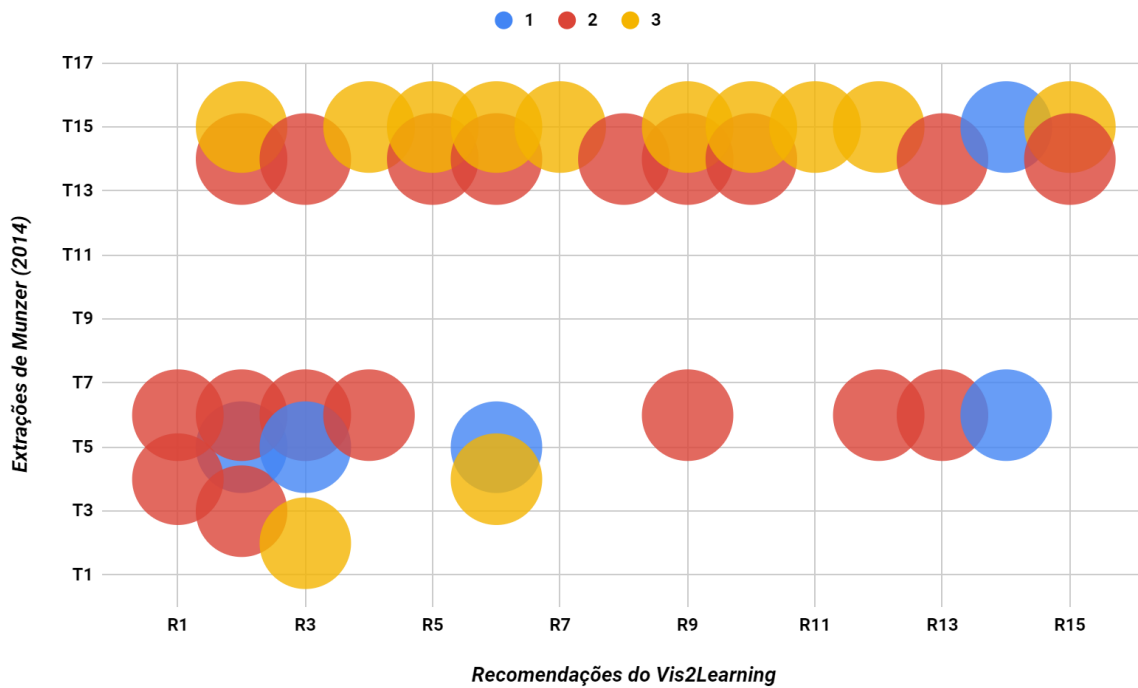


Fonte: elaborado pelo autor

4.7 Considerações finais

Este capítulo apresentou todos os aspectos e procedimentos observados para a elaboração e validação da proposta de um guia de recomendações para a aplicação de visualizações no contexto educacional, intitulada **Vis2Learning**. As recomendações foram construídas com base em experiências de autores extraídas de artigos onde havia a descrição de lições aprendidas com base na avaliação das ferramentas desenvolvidas. As extrações foram refinadas através do *feedback* gerado por uma validação realizada por um trio de especialistas nas áreas de **EDM**, **IHC** e **InfoVis**. Após o refino as recomendações foram submetidas a uma comparação com a obra de [Munzner \(2014\)](#) que revelou existir aderência entre as propostas. O **Vis2Learning** diferencia-se de todas as obras mencionadas anteriormente por ter sido desenvolvido com base na contextualização de experiências de outros autores atrelado a boas práticas definidas na literatura e validações com especialistas.

Figura 10: Gráfico de bolha representando as ligações entre o **Vis2Learning** e as recomendações de [Munzner \(2014\)](#)



Legenda: **1** - recomendações muito semelhantes; **2** - conceito aplicado de maneira contextualizada; e **3** - conceito parcialmente aplicado

Fonte: elaborado pelo autor

5 Avaliação com professores

5.1 Considerações iniciais

Este capítulo apresenta a avaliação realizada com os usuários finais das visualizações (agentes relacionados ao cenário educacional) que é relacionada a **etapa E** da metodologia do projeto de mestrado. As seções seguintes fornecem os detalhes e a sequência em que as ações foram realizadas, bem como os dados brutos gerados a fim de enfatizar o rigor, a validade e permitir a replicação da avaliação com repetibilidade. O objetivo desta avaliação foi coletar, via questionário *online*, a percepção dos participantes sobre gráficos desenvolvidos com base no **Vis2Learning**. Com o intuito de comparar a percepção de diferentes participantes sobre a mesma situação, foram desenvolvidos dois questionários que mantinham exatamente as mesmas situações diferenciando apenas o gráfico.

5.2 Planejamento

Para esta avaliação foram desenvolvidos 15 cenários de uso de gráficos, para cada cenário foi desenvolvida uma afirmação que versava sobre a interpretação do gráfico correspondente. Para cada um dos cenários foram desenvolvidos dois gráficos: um deles seguindo as recomendações do Vis2Learning e outro usando o gráfico proposto automaticamente pelo algoritmo do *Google Sheets* ao selecionar os dados e solicitar um gráfico. Optou-se por criar dois formatos de gráficos com o objetivo de gerar evidências que permitissem analisar se havia diferença na interpretação, por parte do público-alvo, em relação a um gráfico construído com base no Vis2Learning e um gráfico construído de maneira genérica, isto é, sem levar em conta o contexto de utilização.

Para a coleta da percepção dos participantes foi usado o instrumento questionário (WOHLIN *et al.*, 2000), todos os elementos desenvolvidos (cenários, gráficos e afirmações) foram avaliados pelo trio de especialistas mencionado na [seção 4.4](#) em uma avaliação de duas etapas. **Primeira etapa:** cada avaliador, de maneira individual, teceu comentários sobre os elementos desenvolvidos. Os comentários foram compilados e um relatório de alterações foi desenvolvido pelo autor. **Segunda etapa:** os avaliadores, em conjunto, analisaram o relatório de alterações e deliberaram um parecer favorável sobre a cobertura de todas as correções necessárias.

Após realizar o refinamento dos elementos foram desenvolvidos dois questionários ([Apêndice A](#) e [B](#)). Ambos os questionários continham os mesmos cenários e as mesmas afirmações, porém, os gráficos foram distribuídos entre eles de maneira alternada, conforme

exemplificado na [Tabela 28](#). Cada cenário é acompanhado de um gráfico e uma afirmação com coleta de concordância no formato de questão fechada.

Tabela 28: Exemplo da distribuição dos gráficos entre os questionários desenvolvidos

Questionário	Cenário	Método usado no gráfico
A	1	<i>Google Sheets</i>
A	2	Vis2Learning
B	1	Vis2Learning
B	2	<i>Google Sheets</i>

Fonte: elaborado pelo autor

Desta forma, a estrutura e conteúdo dos questionários ficaram semelhantes sendo diferenciados apenas pelo gráfico apresentado por cenário. A estrutura comum entre os questionários era composta por 4 seções. **1ª seção:** texto de boas vindas e breve explicação sobre a pesquisa. **2ª seção:** texto do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) explicando as condições da pesquisa e coletando a aceitação do participante. Caso o participante não aceitasse a pesquisa era encerrada com um agradecimento. **3ª seção:** uma coleta básica de perfil com questões relacionadas ao nível de experiência acadêmica e profissional. **4ª seção:** coleta de percepção, composta por 15 cenários de utilização de gráficos.

Para a coleta de percepção sobre as afirmações optou-se por utilizar a escala *likert* de 4 pontos formada pelas opções: discordo totalmente; discordo parcialmente; concordo parcialmente; e concordo totalmente. De acordo com os autores [Johns \(2005\)](#) e [Garland \(1991\)](#) uma escala pequena e sem um ponto central (neutro, não concordo nem discordo, não sei, etc) favorece uma resposta mais precisa pois força o participante a fornecer uma opinião mais elaborada sobre a questão. [Johns \(2005\)](#) argumenta que o ponto central, ou neutro, é comumente utilizado pelo respondente para evitar um possível conflito de opinião com o pesquisador. Por isso a opção por uma escala sem ponto central foi feita visando tornar as respostas mais fiéis a realidade.

Para controlar o acesso ao questionário foi elaborado um algoritmo para calcular, de maneira ordinal, o número do acesso e direcionar o respondente para: o **questionário A** caso fosse um acesso “par”; senão para o **questionário B**. Esta estratégia de direcionamento foi elaborada para evitar que o participante obtivesse consciência da existência de dois questionários, uma vez que um mesmo participante não deveria responder ambos. Desta forma o participante não seria responsável por escolher qual questionário responder, mantendo assim a quantidade de respostas recebidas de forma equilibrada entre os questionários.

5.3 Execução

A execução da coleta ocorreu completamente *online*. Para divulgação via *e-mail* foi elaborado um texto¹ contendo uma explicação sobre as intenções da pesquisa, os requisitos para participação e o *link*² para responder o questionário. Este mesmo texto foi encaminhado aos responsáveis pelo sistema InfoRede³ da Universidade Federal de São Carlos, que analisaram o material e elaboraram o próprio texto de divulgação⁴.

Para atender o objetivo da avaliação foi delimitado o público participante para os seguintes perfis: professor; diretor; gestor acadêmico; estudante de pedagogia; ou qualquer outro profissional envolvido com o cenário educacional. O sistema responsável por direcionar os participantes aos questionários registrou 123 acessos até a data final de participação, sendo que apenas 34 destes efetivaram suas respostas. Foram registradas 17 respostas no **questionário A** e 17 para o **questionário B**, mostrando que o algoritmo desenvolvido para controlar o acesso foi eficiente para equilibrar as respostas.

5.4 Ameaças à validade

Em relação aos experimentos, existem quatro ameaças à validade determinadas por Wohlin et al. (2000), sendo elas ameaças de: conclusão; construção; interna; e externa. Segue descritos os elementos para mitigação destas ameaças relacionadas a avaliação discutida neste capítulo:

Conclusão: para coletar a opinião dos participantes sobre as visualizações haviam dois questionários. Ambos questionários possuíam os mesmos cenários e as mesmas perguntas para coleta de opinião, porém, cada questionário possuía uma distribuição de visualizações diferente, enquanto um questionário apresentava uma visualização **adequada** para o **cenário 1** o outro apresentava uma **genérica**. A saber: as visualizações consideradas como **adequadas** foram elaboradas com base no **Vis2Learning** e as **genéricas** foram desenvolvidas pelo algoritmo do *Google Sheets* com base nos dados fornecidos. Os participantes não tinham consciência da existência de dois questionários, um sistema era responsável por direcionar os participantes com base na ordem de acesso para balancear as respostas. Esta formulação permitiu a aplicação de um experimento *between subject*, e possibilitou observar a opinião sobre um mesmo cenário, porém, com visualizações distintas evitando o efeito de aprendizagem;

Construção: para contextualizar os participantes e direcionar a coleta de opinião foram elaboradas descrições de cenário onde as visualizações demonstradas seriam inseridas.

¹ <https://drive.google.com/open?id=1uoB2wbd_snlM1YIC4ZRUiOKpj47UKrQO>

² <<http://uxleris.sor.ufscar.br/QuestionarioSobreGraficos>>

³ Informativo disparado via *e-mail* que abrange todos os professores da Universidade

⁴ <<https://drive.google.com/open?id=19w38HJxHj3fKiElvpQ2SUamMmmbbFxFu>>

Além das descrições havia uma afirmação relacionada a interpretação do gráfico onde o participante deveria expressar seu nível de concordância através de uma escala *likert*. A escala *likert* foi limitada a quatro opções para evitar que os participantes fossem influenciados a evitar conflitos com os pesquisadores;

Interna: este experimento contou com dois questionários contendo 15 visualizações cada para evitar que os participantes precisassem observar 30 visualizações distintas, uma vez que um dos objetivos da avaliação foi comparar a opinião do público-alvo entre visualizações adequadas e genéricas. Cada participante deveria responder apenas um questionário, o acesso era realizado por um único *link* e um algoritmo direcionava os participantes balanceando a quantidade de respostas recebidas;

Externa: está relacionada ao tamanho da amostra utilizada (34 participantes), porém, vale ressaltar que aproximadamente 60% dos participantes possuem mais de 6 anos de experiência lecionando e possuem algum nível de pós graduação ($\approx 18\%$ - Doutorado, $\approx 24\%$ - Mestrado e $\approx 30\%$ - Pós graduação *lato sensu*), agregando representabilidade à amostra.

5.5 Análise

A primeira análise realizada foi sobre o perfil dos participantes. Ambos os questionários possuíam a mesma coleta de perfil, com isto foi possível agregar todas as respostas para observar as características da amostra. As respostas ao questionário de perfil estão disponíveis na [Tabela 29](#). Para obter uma visão geral sobre o experimento, as respostas recebidas em ambos questionários foram reunidas e organizadas para criar uma visualização geral da distribuição. Com isto foi possível observar as tendências de resposta entre participantes que observaram gráficos adequados contra os participantes que observaram gráficos genéricos. Os dados brutos coletados pelos questionários estão dispostos na [Tabela 30](#) (questionário A) e [Tabela 31](#) (questionário B). Para análise dos dados e geração dos gráficos foi utilizado o *software* Minitab⁵ em sua versão 17.

⁵ <<https://www.minitab.com/pt-br/>>

Tabela 29: Respostas dos professores ao questionário de perfil

Identificação			Profissional		Conhecimentos				Uso de gráficos	
Cod	Idade	Escolaridade	Atuação	Tempo	Dev	InfoVis	Gráficos	Sist.*	Pessoal	Emprego
P1	39	Doutorado	Técnico	+ de 6 anos	4	3	3	4	4	4
P2	47	Mestrado	Superior	+ de 6 anos	3	3	3	4	3	3
P3	20	Sup. incompleto	Fund. II	- de 1 ano	3	2	2	1	1	2
P4	59	Pós graduação	Fund. I	+ de 6 anos	2	2	2	2	2	1
P5	23	Sup. completo	Médio	- de 1 ano	2	1	2	1	1	1
P6	47	Sup. completo	Fund. I	+ de 6 anos	2	2	2	2	1	1
P7	49	Doutorado	Superior	+ de 6 anos	3	3	2	2	2	2
P8	34	Pós graduação	Fund. II	+ de 6 anos	2	1	2	2	1	1
P9	41	Mestrado	Fund. I	+ de 6 anos	2	2	3	3	3	2
P10	38	Pós graduação	Superior	+ de 6 anos	4	3	3	1	3	3
P11	32	Pós graduação	Superior	4 a 6 anos	4	2	3	2	4	3
P12	26	Mestrado	N. leciono	4 a 6 anos	3	2	3	2	3	1
P13	33	Doutorado	Superior	4 a 6 anos	1	1	1	1	1	1
P14	45	Mestrado	Superior	+ de 6 anos	4	4	4	4	4	4
P15	27	Pós graduação	Fund. I	- de 1 ano	3	3	3	3	2	4
P16	35	Sup. completo	Superior	4 a 6 anos	2	2	2	2	2	1
P17	53	Doutorado	Superior	+ de 6 anos	2	3	3	2	2	3
P18	45	Pós graduação	Técnico	+ de 6 anos	4	3	3	3	3	3
P19	28	Especialização	Superior	4 a 6 anos	4	3	3	2	2	3
P20	22	Mestrado	Fund. II	1 a 3 anos	4	4	4	4	3	3
P21	24	Especialização	N. leciono	1 a 3 anos	4	3	3	3	4	2
P22	46	Mestrado	Superior	+ de 6 anos	4	2	2	2	2	2
P23	49	Pós graduação	Fund. I	+ de 6 anos	2	2	2	1	2	3
P24	36	Pós graduação	Fund. I	+ de 6 anos	1	1	3	1	1	3
P25	42	Pós graduação	Fund. I	+ de 6 anos	2	1	2	1	2	1
P26	44	Mestrado	Técnico	+ de 6 anos	3	3	3	3	3	3
P27	46	Pós graduação	Superior	4 a 6 anos	2	2	2	2	2	2
P28	30	Especialização	Médio	- de 1 ano	3	3	3	3	3	3
P29	35	Especialização	Técnico	+ de 6 anos	4	3	3	2	4	4
P30	23	Sup. incompleto	N. leciono	N. leciono	2	2	2	2	2	1
P31	26	Sup. incompleto	Médio	+ de 6 anos	2	3	3	4	2	3
P32	41	Doutorado	Superior	+ de 6 anos	4	2	3	2	2	3
P33	32	Doutorado	Superior	4 a 6 anos	3	1	4	1	2	2
P34	46	Mestrado	N. leciono	+ de 6 anos	3	2	2	2	2	2

* Sistemas com visualização de dados educacionais | **Conhecimentos:** Nunca ouvi falar(1); Tenho conhecimento teórico(2); Tenho conhecimento prático e teórico(3); Tenho profundo conhecimento(4) | **Uso de gráficos:** Não utilizo(1); Utilizei algumas vezes(2); Utilizo sempre pois é necessário(3); Utilizo sempre por minha opção(4)

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 30: Respostas dos professores às afirmações relacionadas aos cenários apresentados (Questionário A)

Cod	Cenários														
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º
P1	2	1	1	1	1	2	-1	2	2	2	-2	2	1	2	2
P2	2	-1	1	-2	-2	2	-1	-1	1	2	2	1	-1	1	1
P3	2	2	-1	-1	-2	1	-2	-2	-1	1	1	2	-1	1	-2
P4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P5	-1	2	1	-2	-2	-2	-2	-1	2	1	-2	2	-1	2	2
P6	2	2	2	1	2	2	-2	-2	2	2	2	2	-2	1	2
P7	2	2	1	-1	-1	1	-2	-1	1	1	-1	2	-2	1	-1
P8	1	2	2	-1	-2	1	-1	2	2	-2	-1	2	-1	1	1
P9	1	1	-1	-2	-2	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-2	-1
P10	1	-1	2	-2	-2	1	-2	1	-1	-1	2	-1	-1	-2	1
P11	1	-1	1	1	-2	1	-1	1	1	1	1	1	-2	1	1
P12	-1	2	-2	-2	-2	1	2	-1	2	2	-2	2	-2	-2	1
P13	1	2	-2	-2	-1	2	-2	1	2	2	2	1	-2	-2	-2
P14	1	-1	1	1	1	1	2	-1	-1	-2	2	-2	1	-1	-2
P15	1	1	1	-1	-1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
P16	-1	2	-2	1	-2	-1	-2	-2	2	-1	-1	2	-2	1	-2
P17	-1	2	2	-2	1	1	-2	-1	-1	2	-1	1	-2	1	-1

Legenda: Discordo totalmente(-2), Discordo parcialmente(-1), Concordo parcialmente (1), Concordo totalmente (2)

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 31: Respostas dos professores às afirmações relacionadas aos cenários apresentados (Questionário B)

Cod	Cenários														
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º
P18	1	1	2	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1
P19	1	1	2	1	-2	2	2	2	1	2	1	1	1	-2	2
P20	2	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-2	-1
P21	1	-1	-2	-1	-1	1	1	-2	2	-2	2	1	-1	-2	1
P22	-1	-1	2	-1	-2	-2	-2	-1	1	-2	-1	-2	-1	-1	-1
P23	1	1	2	-1	-2	1	-2	1	2	1	1	1	-1	-2	2
P24	-1	-2	2	-2	-2	-2	2	2	1	-2	2	2	2	-2	2
P25	1	2	2	2	-2	-2	-2	-2	2	-2	2	2	-2	-2	1
P26	2	2	2	2	-1	2	1	-1	1	-1	1	2	1	-1	-1
P27	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	-1	1
P28	2	1	2	-1	-2	-1	1	-2	2	-2	-2	-2	-1	-1	-1
P29	1	-1	2	2	2	-1	-1	1	2	2	2	-1	2	1	2
P30	2	1	1	1	-1	1	2	-2	1	-1	-1	1	-1	-2	1
P31	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2
P32	1	-2	2	2	1	2	-1	2	2	2	-1	-1	2	2	2
P33	1	1	2	-1	-1	-2	-2	-2	2	1	-2	1	1	-2	1
P34	2	-2	1	-2	-2	-1	-1	-2	1	1	1	-1	-2	-1	2

Legenda: Discordo totalmente(-2), Discordo parcialmente(-1), Concordo parcialmente (1), Concordo totalmente (2)

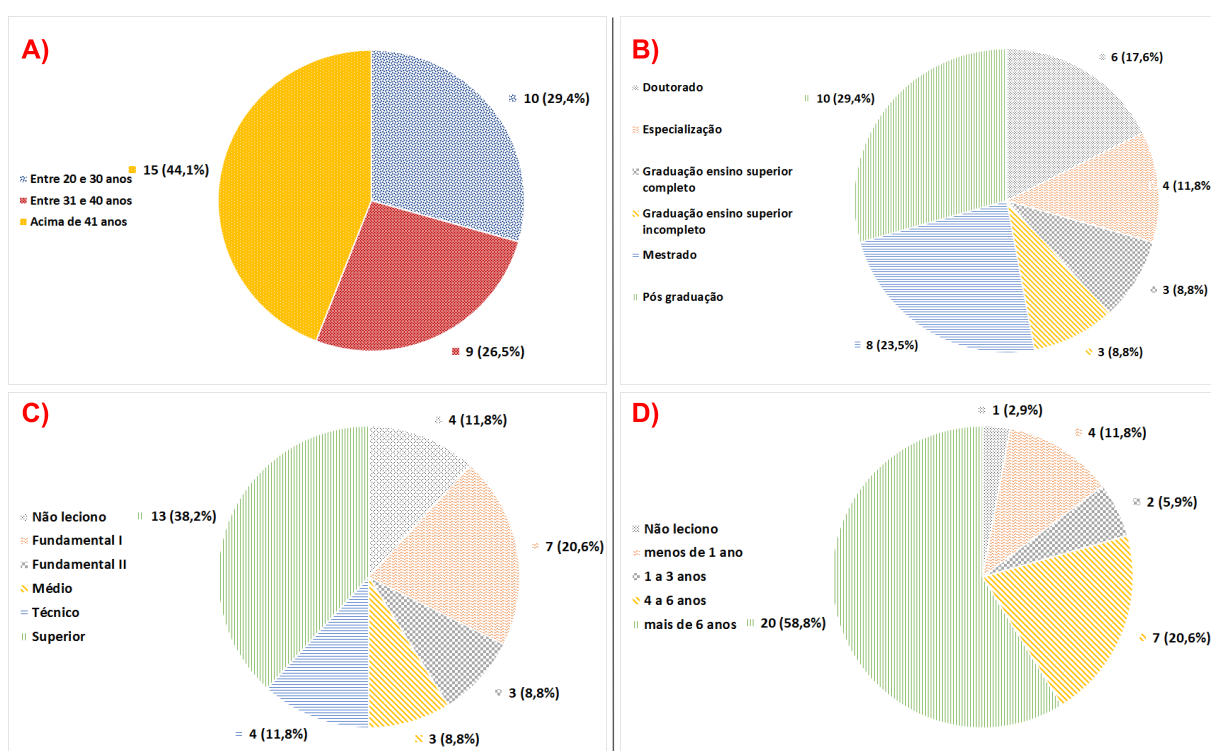
Fonte: elaborado pelo autor

5.6 Resultados

5.6.1 Perfil dos participantes

Em relação aos 34 participantes pode-se observar que 44% possuíam idade superior a 41 anos (Figura 11 item A)) e o nível de escolaridade com maior representação foi a pós graduação com cerca de 30%, seguida do mestrado com aproximadamente 24% (Figura 11 item B)). Os níveis de ensino em que os participantes atuam (Figura 11 item C)) são variados, porém, destaca-se como principais atuações o ensino superior (38,2%) e o ensino fundamental I (20,6%). Quatro participantes declararam não lecionar no momento da coleta, porém, esta resposta reflete apenas o momento atual do participante visto que ao analisar o tempo de experiência lecionando (Figura 11 item D)) é possível notar que a maioria dos participantes (58,8%) possuem mais de 6 anos de experiência. Apenas um participante, que era estudante de pedagogia, não possuía experiência profissional lecionando.

Figura 11: Informações sobre o perfil dos participantes da avaliação com professores

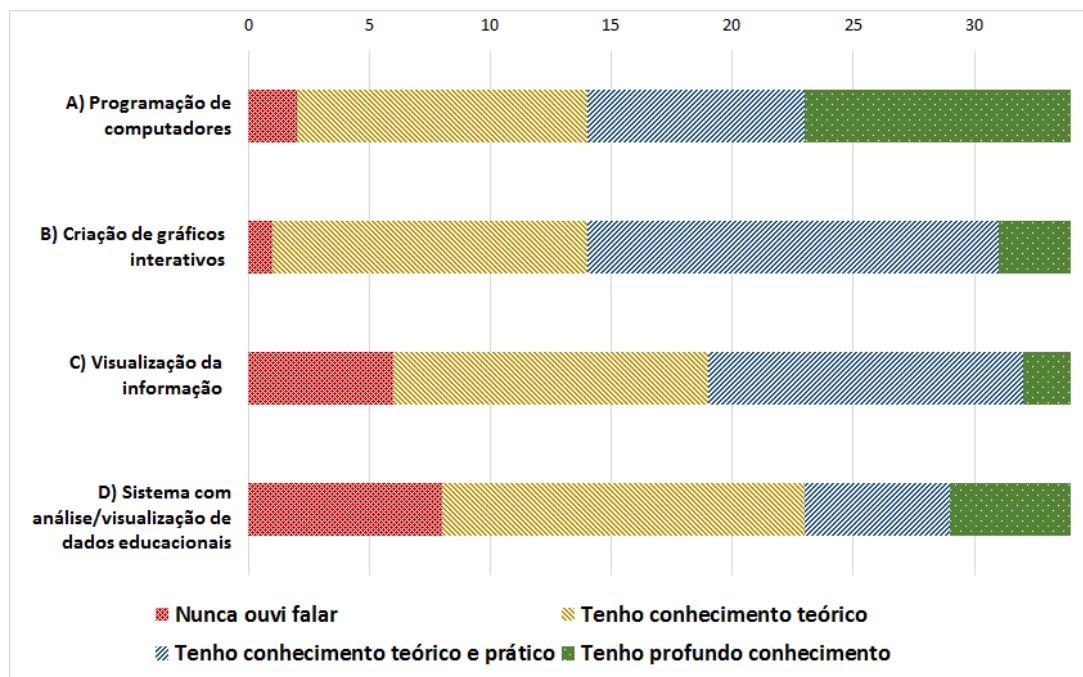


Fonte: elaborado pelo autor

Os participantes foram questionados em relação a experiências com temas tangentes à pesquisa para verificar a aderência dos mesmos ao tema. É possível observar que boa parte dos participantes possuíam conhecimento teórico e/ou prático sobre programação de computadores (Figura 12 item A)) e criação de gráficos interativos (Figura 12 item B)).

Porém, ao serem questionados sobre conhecimentos na área de Visualização da Informação apenas 2 participantes declaram profundo conhecimento (Figura 12 item C)).

Figura 12: Nível de conhecimento declarado pelos participantes da avaliação com professores sobre temas tangentes ao foco da pesquisa



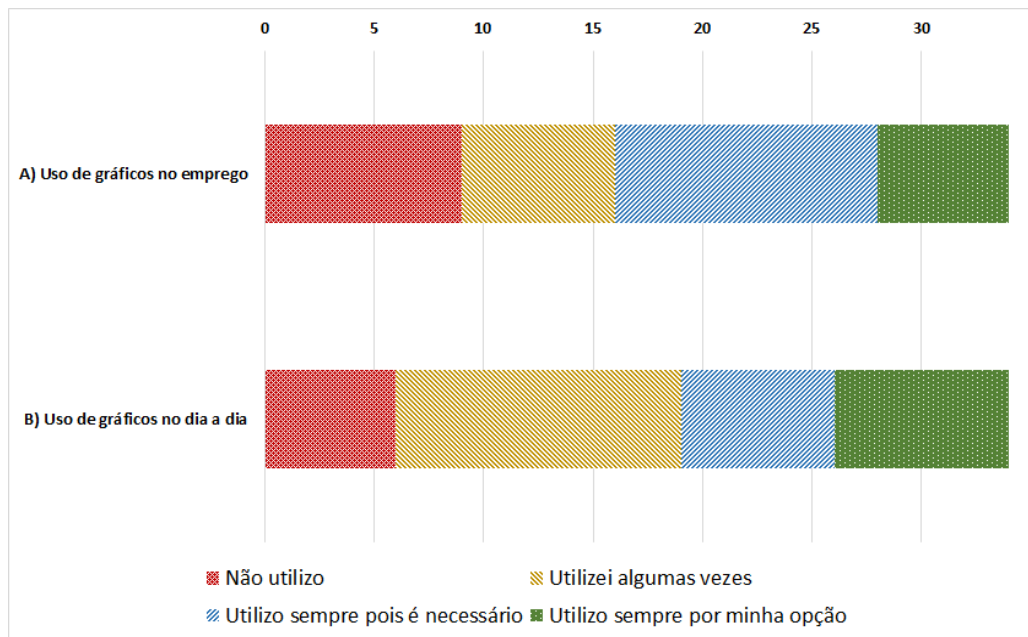
Fonte: elaborado pelo autor

Em relação ao cenário de utilização de visualizações dentro do ambiente de trabalho, a maior parte dos participantes declarou utilizar por opção própria e por ser necessário (Figura 13 item A)). Quando questionados sobre a utilização dentro das atividades do dia a dia nota-se um menor sentimento de necessidade, porém, a quantidade de utilizações é superior ao cenário anterior (Figura 13 item B)).

Uma questão aberta e não obrigatória questionava quais eram os sistemas que os participantes utilizavam para gerar gráficos, cada participante poderia elencar mais de um sistema ou nenhum. As respostas foram tratadas e deram origem ao gráfico de nuvem de palavras disposto na Figura 14, ao total esta questão recebeu 32 respostas. Nota-se que a resposta mais frequente foi a utilização de planilhas eletrônicas (16 citações) e apenas 3 participantes mencionaram sistemas da área de educação com geração de gráficos.

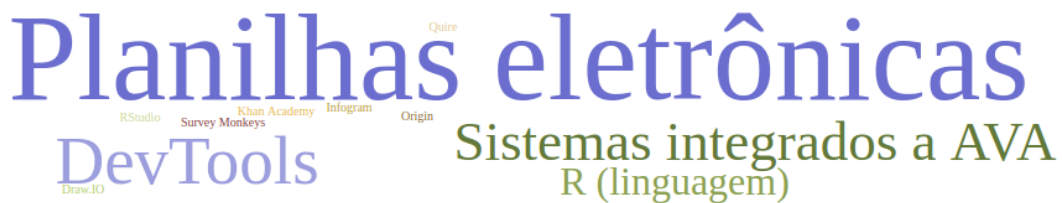
Os níveis de proficiência declarados pelos participantes corroboram com os pontos discutidos no Capítulo 3. A boa adesão em relação ao uso de gráficos no emprego e nas tarefas do dia a dia reforça a ideia de que o público-alvo possui interesse na utilização da visualizações para apoio do trabalho desenvolvido. Os baixos níveis de conhecimento em relação a área de Visualização da Informação apoia a ideia de que é uma área ainda recente e pouco explorada neste contexto.

Figura 13: Intenção de uso de gráficos reportado pelos participantes da avaliação com professores



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 14: Gráfico em forma de nuvem de palavras gerado a partir das respostas dos participantes da avaliação com professores sobre quais sistemas eles usam para criar gráficos



“DevTools” é uma referência a ferramentas voltadas à ambientes de desenvolvimento de *software*.

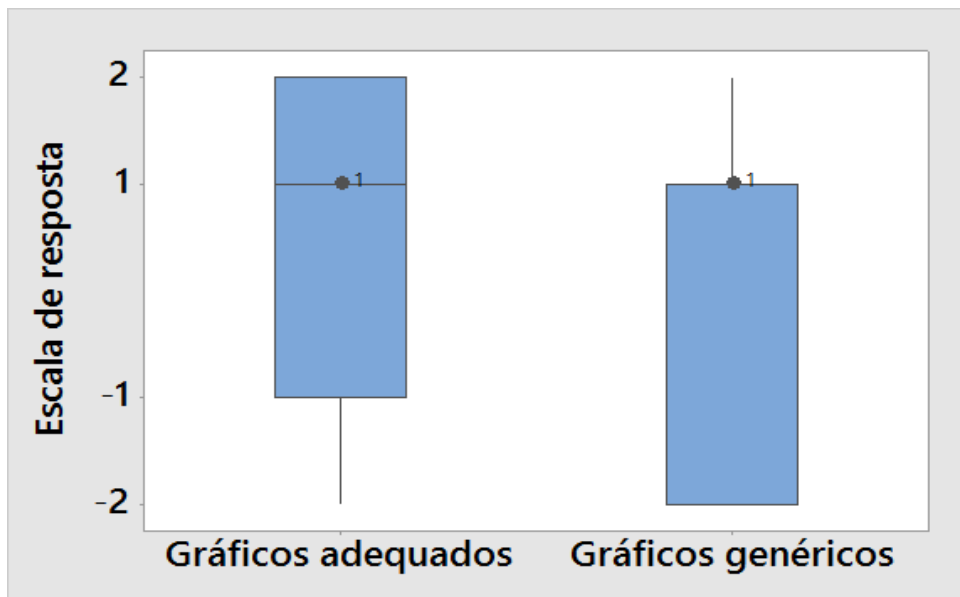
Fonte: elaborado pelo autor

O resultado da questão sobre o conhecimento de sistemas dotados de análise ou visualização de Dados Educacionais mostra que mais da metade dos participantes (67,6%) nunca entrou em contato com sistemas deste tipo (Figura 12 item D)). Levando em consideração as análises anteriores que situam os participantes como profissionais da Educação com ampla experiência lecionando e com habilidades relacionadas a Computação e ao desenvolvimento de gráficos, há indícios de que não há ferramentas adequadas para suprir a necessidade dos professores sobre a utilização de gráficos para análise dos Dados Educacionais. Reiterando novamente os indícios levantados no Capítulo 3 e na seção 4.1.

5.6.2 Avaliação sobre a percepção

Ao analisar a [Figura 15](#) percebe-se uma polarização indicando que os participantes expressaram concordância em relação às afirmações associadas aos gráficos desenvolvidos com base no **Vis2Learning** e discordaram quando o gráfico associado era genérico, porém, a mediana dos dois grupos apontou para a resposta “Concordo parcialmente”. A mediana encontrada sugere que os participantes avaliadores dos gráficos genéricos apresentaram uma tendência em concordar que a visualização era adequada. Para examinar em profundidade o fato dos participantes que avaliaram positivamente os gráficos genéricos foi elaborado um painel de *boxplots* contendo um gráfico para cada cenário ([Figura 16](#)).

Figura 15: Todas as respostas recebidas na avaliação com os professores



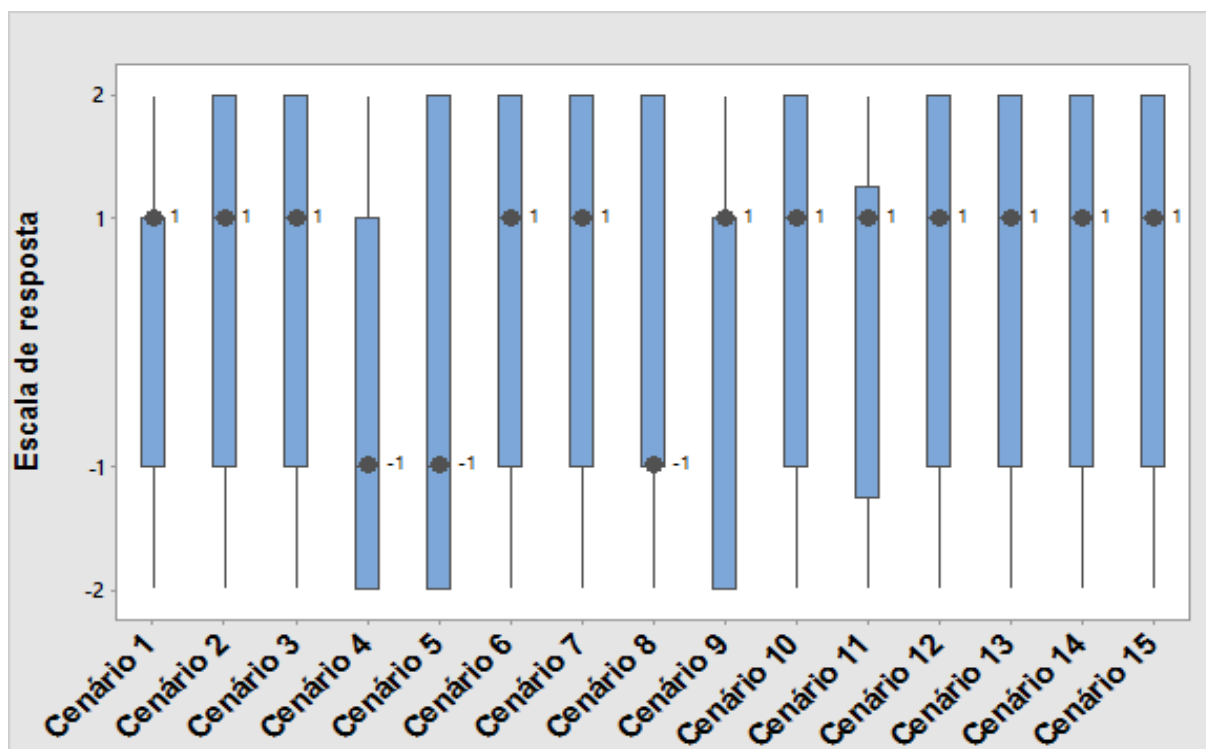
Legenda: Discordo totalmente (-2), Discordo parcialmente (-1), Concordo parcialmente (1) e Concordo totalmente (2)

Fonte: elaborado pelo autor

Para viabilizar a construção da [Figura 16](#), **apenas** os dados originários dos participantes que observaram visualizações **genéricas** tiveram seus valores semanticamente invertidos, isto é: “Discordo totalmente” foram substituídos por “Concordo totalmente” e assim sucessivamente. Sem esta normalização dos dados, ao agregar as respostas de todos os participantes da avaliação, os *boxplots* tendenciosamente se estenderiam por toda a escala de respostas ocultando os *outliers*. Então ao observar a [Figura 16](#) espera-se, idealmente, que todos os *boxplots* estejam situados entre o meio e o topo, como é o caso do **cenário 2**.

Ao observar a [Figura 16](#) nota-se que a maioria dos cenários (10 de 15) apresentaram uma distribuição que favorece o Vis2Learning, como é o caso dos cenários 2, 3, 6, 7, 8,

Figura 16: Respostas recebidas na avaliação com os professores. Dados organizados por cenário, participantes que avaliaram as visualizações genéricas tiveram as respostas invertidas



Legenda: Discordo totalmente (-2), Discordo parcialmente (-1), Concordo parcialmente (1) e Concordo totalmente (2)

Fonte: elaborado pelo autor

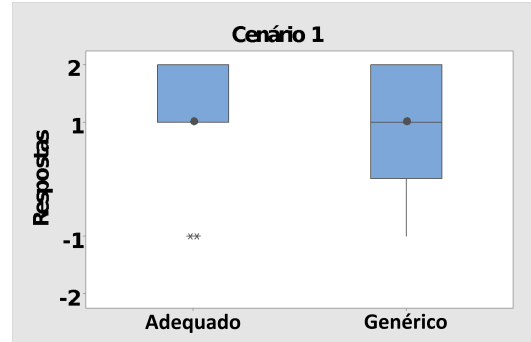
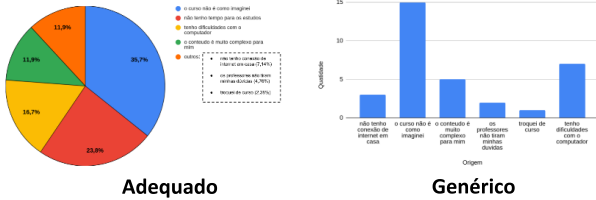
10, 12, 13, 14 e 15. A distribuição apresentada pelos cenários mencionados mostram que os participantes que observaram as visualizações criadas com base nas recomendações concordaram enquanto os participantes das visualizações genéricas discordaram. Este comportamento indica que para os cenários existentes na avaliação as visualizações construídas com base no Vis2Learning foram consideradas mais adequadas para o contexto educacional em relação às visualizações construídas pelo algoritmo do *Google Sheets*.

5.7 Discussão

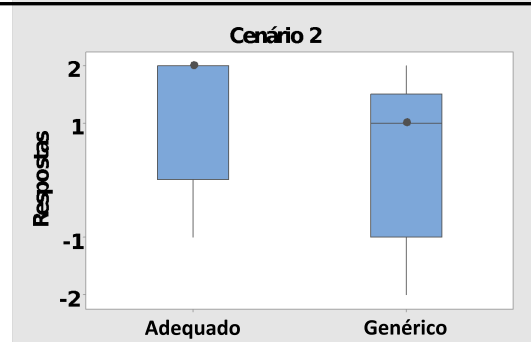
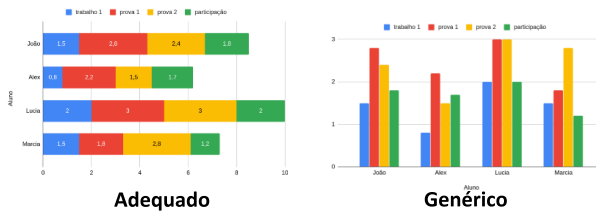
A partir da Figura 16 foi possível verificar a existência de *outliers*. Para investigar às distribuições apresentadas na Figura 16, foram elaboradas três figuras contendo: a descrição de cenário presente no questionário; as visualizações apresentadas aos participantes (genérica e adequada); e um *boxplot* apresentando a distribuição das respostas para cada cenário (sem nenhum tratamento nos dados). A saber: a Figura 17 apresenta os dados dos cenários 1 até 5; a Figura 18 dos cenários 6 até 10; e a Figura 19 dos cenários 11 até 15.

Figura 17: Cenários de 1 a 5 que foram apresentados aos participantes. Abaixo do cenário às visualizações, ao lado um *boxplot* representando a distribuição das respostas

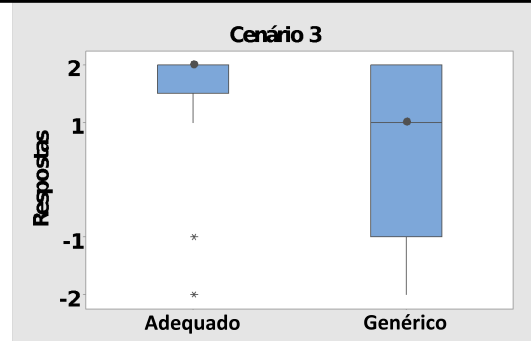
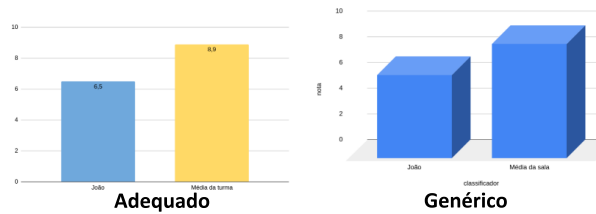
A) Cenário 1: Um professor gostaria de visualizar as proporções das causas de evasão de um curso online para elaborar estratégias de prevenção.



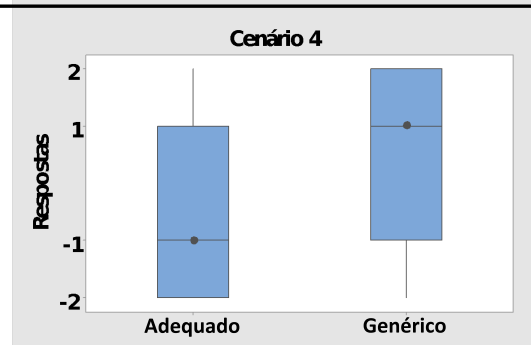
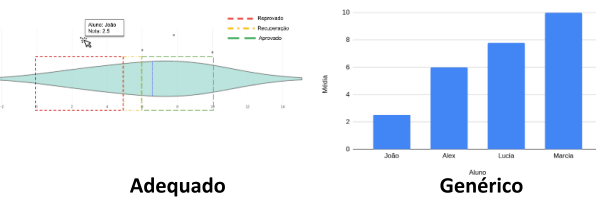
B) Cenário 2: Uma disciplina possui sua média formada por 4 quesitos (Trabalho 1, Prova 1, Prova 2 e Participação), o professor gostaria de observar a composição das notas dos estudantes.



C) Cenário 3: O professor deseja mostrar ao estudante o seu desempenho comparado à média da turma para auxiliá-lo na autorregulação dos estudos.



D) Cenário 4: Um professor possui um conceito onde estudantes com média abaixo de 5 são automaticamente reprovados, entre 5 e 6 podem fazer recuperação e acima de 6 estão aprovados. Este professor deseja visualizar as estatísticas das notas da turma para verificar a situação.



E) Cenário 5: Um professor separou a classe em 4 grupos (Alfa, Beta, Gama e Coders) e deu a eles 5 atividades, todos os grupos deveriam fazer todas as atividades. O professor deseja apresentar a toda turma a comparação das notas de todos os grupos para aplicar um feedback coletivo discutindo se as atividades estavam equilibradas e quais as dificuldades que a turma possui em comum, para isto ele imprimiu (em uma impressora preto e branco) o gráfico e entregou aos estudantes.

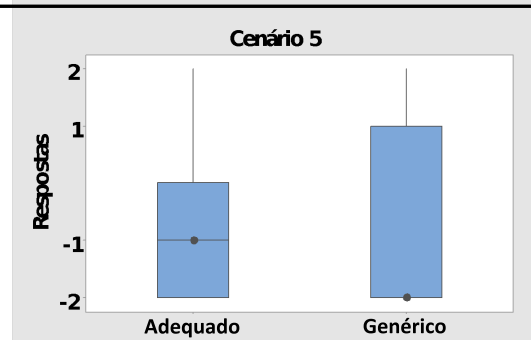
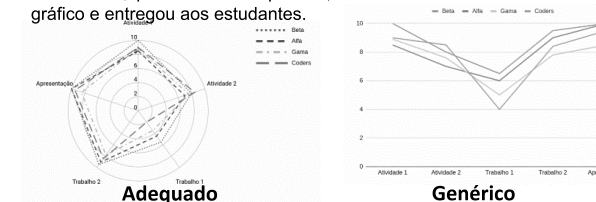
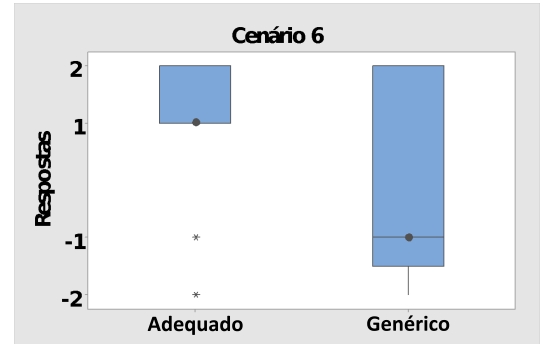
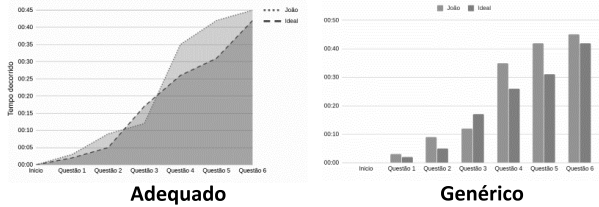
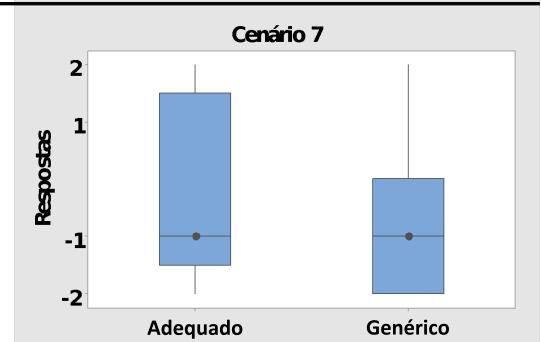
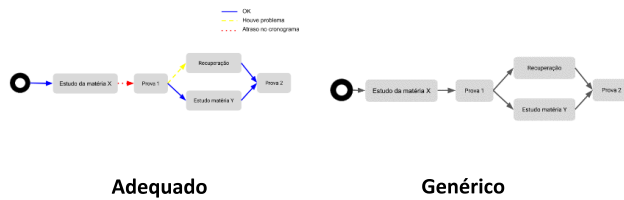


Figura 18: Cenários de 6 a 10 que foram apresentados aos participantes. Abaixo do cenário às visualizações, ao lado um *boxplot* representando a distribuição das respostas

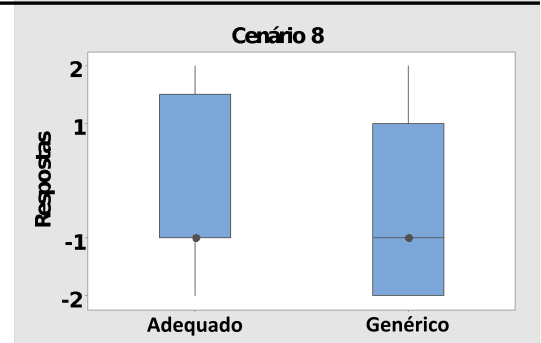
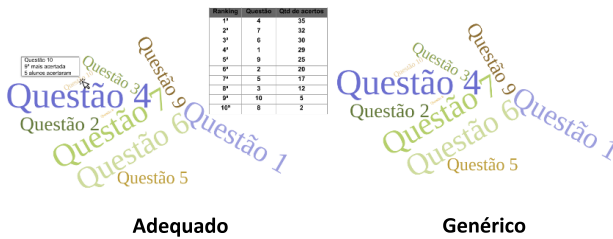
A) Cenário 6: Um professor aplicou um simulado para uma prova de vestibular e quer apresentar aos estudantes qual foi o consumo de tempo em cada questão comparado a um consumo ideal baseado na dificuldade das questões. Para isto o professor imprimiu os gráficos (em uma impressora preto e branco) e entregou aos estudantes.



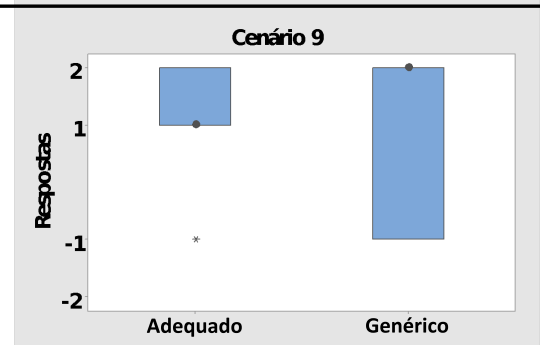
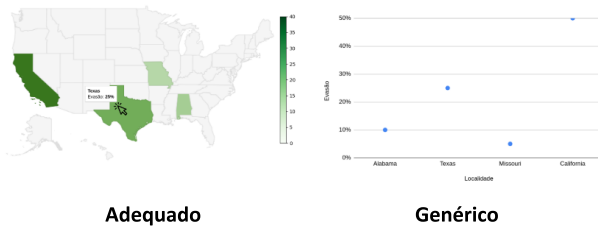
B) Cenário 7: Um professor, após terminar a disciplina, deseja analisar como as aulas foram divididas a fim de melhorar a organização para a próxima oferta.



C) Cenário 8: Um professor gostaria de discutir com os estudantes sobre as questões mais acertadas em uma prova.



D) Cenário 9: Um professor de um sistema EAD quer visualizar as taxas de evasão por estados do País para identificar possíveis estratégias de redução da evasão.



E) Cenário 10: Um professor aplicou os mesmos trabalhos e tarefas para um grupo de estudantes e gostaria de visualizar se houve alguma dificuldade em comum.

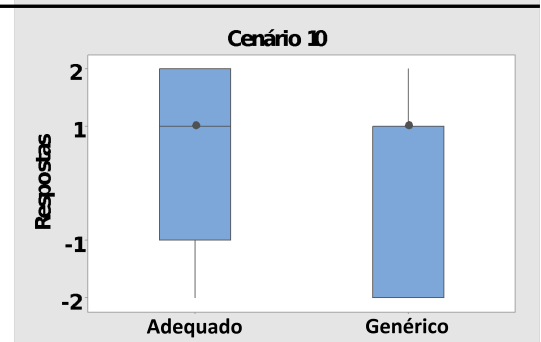
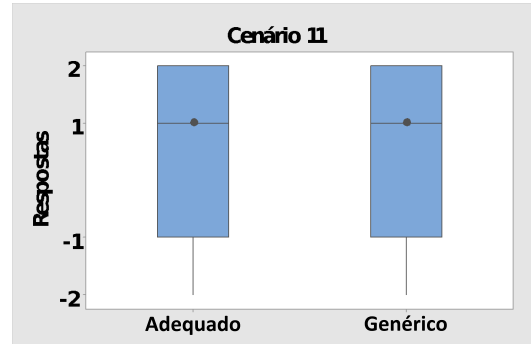
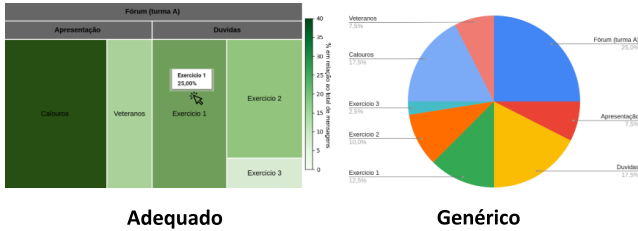
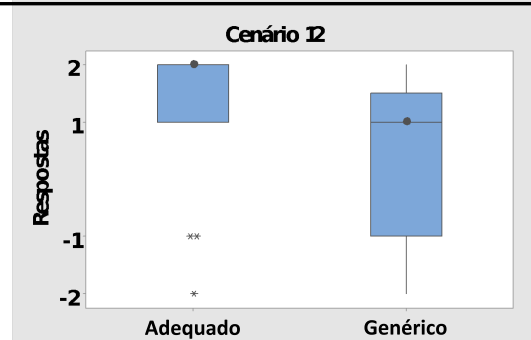
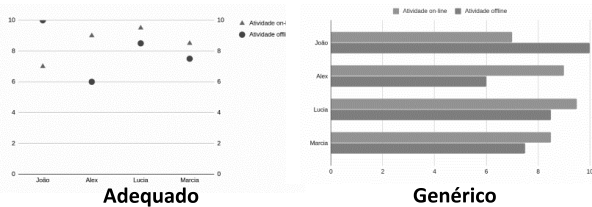


Figura 19: Cenários de 11 a 15 que foram apresentados aos participantes. Abaixo do cenário às visualizações, ao lado um *boxplot* representando as respostas

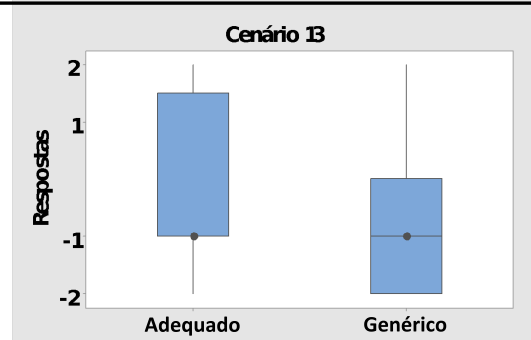
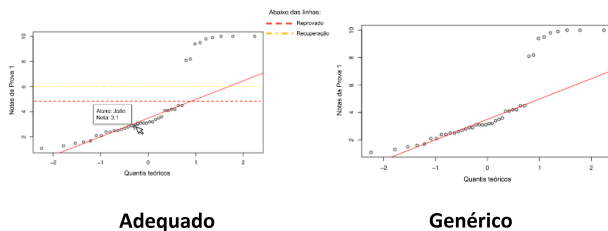
A) Cenário 11: Um professor gostaria de analisar a utilização do fórum por parte dos estudantes para verificar se existe algum tópico que deveria ser melhor discutido na próxima aula.



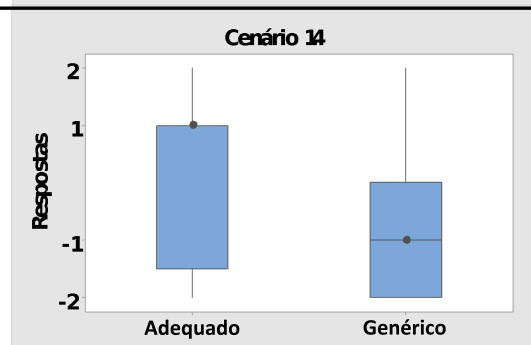
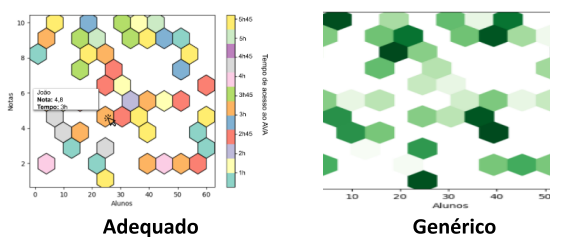
B) Cenário 12: Um professor aplicou duas atividades muito semelhantes, porém uma foi aplicada online e outra em papel. Agora o professor quer discutir com os estudantes as diferenças entre os resultados, para isto o professor imprimiu os gráficos (em uma impressora preto e branco) e entregou para a turma.



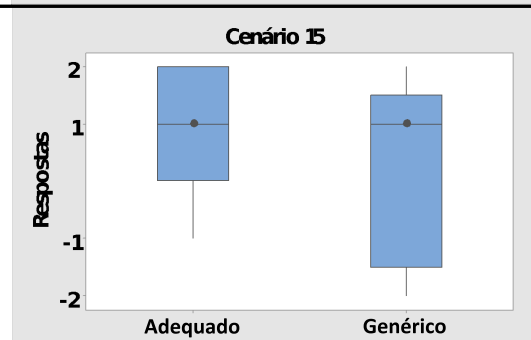
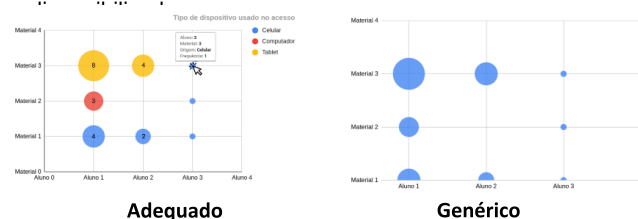
C) Cenário 13: Após a aplicação da Prova 1 os estudantes se queixaram do nível de dificuldade das questões, então o professor decidiu avaliar a situação.



D) Cenário 14: Um professor tem uma turma online de 50 estudantes, ele gostaria de visualizar as notas associado ao tempo de duração da sessão no AVA.



E) Cenário 15: O professor quer analisar os dados do ambiente EAD para direcionar melhor os modelos de atividade que serão propostos, para isto ele gostaria de visualizar a média de acessos semanais dos estudantes aos materiais



Os cenários 1 (Figura 17 item A)) e 11 (Figura 19 item A)) possuem uma distribuição semelhante nas respostas, onde os participantes concordaram com o gráfico adequado e com o gráfico genérico. Nestes casos o formato dos gráficos genéricos (pizza e barra) são considerados tradicionais (VIEIRA; PARSONS; BYRD, 2018), e conforme os resultados reportados por Paiva et al. (2019) professores se sentem seguros ao utilizar gráficos tradicionais. Ainda de acordo com Paiva et al. (2019), durante a avaliação realizada foi percebido que os professores preferem utilizar os gráficos tradicionais por conta de ser “familiar” e passar segurança sobre a interpretação, mesmo que os gráficos não-tradicionais tragam bons resultados.

Com uma distribuição inversa ao considerado favorável ao Vis2Learning, onde os participantes não concordaram com o gráfico adequado e aprovaram o genérico, o cenário 4 (Figura 17 item D)) contava com um formato não-tradicional (violino) como gráfico adequado e um formato tradicional (barras) como gráfico genérico. Conforme recomendado pelo **Vis2Learning** e discutido por Barros, Silva e Guedes (2017), o gráfico de violino é adequado para a ocasião descrita no cenário por se tratar de um formato de gráfico que pode apresentar visualmente a distribuição de dados que possuem mais de um grupo em sua composição (Ex. alunos aprovados e reprovados). Por mais que o gráfico adequado tenha sido escolhido com base em análises, os participantes escolheram o formato tradicional como adequado corroborando os resultados de Paiva et al. (2019).

Em relação ao cenário 5 (Figura 17 item E)) os participantes consideraram as duas visualizações como não adequadas e o grupo que observou o gráfico genérico (gráfico de linhas) atribuiu mais notas positivas em relação ao adequado (gráfico de radar). As avaliações negativas sobre o gráfico adequado podem ter origem na falta de costume sobre o formato proposto, pois segundo Dourado et al. (2018) o gráfico de radar não está entre os mais utilizados por sistemas de visualização sobre Dados Educacionais. Ainda segundo os mesmos autores, o gráfico de linhas é amplamente utilizado pelos sistemas, esta familiaridade pode ter induzido alguns participantes a considerar a visualização genérica como adequada.

Os participantes consideraram ambas às propostas apresentadas no cenário 9 (Figura 18 item D)) como adequadas, com uma tendência a reprovar a visualização genérica. Vieira, Parsons e Byrd (2018) conclui que a visualização no formato de gráfico de pontos (apresentada como genérica) é uma das três visualizações tradicionais mais utilizadas em sistemas para visualização de Dados Educacionais. Semelhante ao cenário 5, a familiaridade com o gráfico apresentado como genérico pode ter induzido os participantes a aprová-lo.

Os formatos de visualização propostos como adequados que receberam mais avaliações negativas foram: violino (cenário 4); radar (cenário 5); e diagrama de atividades (cenário 7). Todos os formatos de visualizações citados são considerados como não-tradicionais

e recentes no cenário de visualização de Dados Educacionais (VIEIRA; PARSONS; BYRD, 2018; DOURADO et al., 2018), esta condição vai de encontro com os resultados de Paiva et al. (2019) onde os professores tendem a reprovar as visualizações não-tradicionais mesmo que às considerem como eficientes. Este fato surge como uma limitação aos resultados relacionados a estes formatos, pois a aparente reprova a estes formatos pode ter sido causada apenas pela falta de conhecimento sobre as visualizações.

Para analisar se as taxas de aceitação sobre as visualizações foram influenciadas pelo tipo de perfil dos participantes, o teste exato de Fisher (1922) foi adotado. O teste proposto por Fisher (1922) foi escolhido por ser recomendado para comparar dados categóricos coletados a partir de pequenas amostras, pois ele calcula a significância exata do desvio de uma hipótese nula usando o *p-value*, enquanto outros métodos utilizam uma aproximação. Além de fornecer um *p-value* com maior acurácia em amostras pequenas, os testes de significância **exatos** não necessitam de uma amostra balanceada ou bem distribuída (MEHTA; PATEL, 1996). Por se tratar de uma amostra pequena foi adotado um intervalo de confiança de 95% (0.05) visando mitigar erros nos resultados. As hipóteses formuladas foram:

- H0 - *Possuir experiência prática em sistemas educacionais com gráficos não influenciou a escolha pelo gráfico adequado;*
- H1 - *Possuir experiência prática em sistemas educacionais com gráficos influenciou a escolha pelo gráfico adequado.*

O *p-value* obtido pelo cálculo foi de **0.0392**. Como o *p-value* está situado abaixo do intervalo de confiança ($0.03 < 0.05$) podemos dizer que **há** significância estatística suficiente para **rejeitar** a hipótese nula formulada. Com isto podemos inferir que a experiência dos participantes com sistemas educacionais dotados de visualização de dados influenciou na decisão **positiva** sobre os **gráficos adequados**. Este resultado segue a mesma linha dos resultados obtidos por Paiva et al. (2019).

Os dados gerados por esta avaliação e corroborados pela literatura observada indicaram que existe outro ponto que deve ser trabalhado em conjunto ao propor um sistema para visualização de Dados Educacionais. O **Vis2Learning** condensa informações importantes sobre o desenvolvimento de visualizações baseadas no contexto educacional, porém, ao propor uma solução neste contexto inevitavelmente surgirá a necessidade de utilizar gráficos não-tradicionais e, por isto, além de garantir que a visualização seja adequada para o contexto trabalhado é importante treinar os usuários sobre os formatos utilizados.

5.8 Considerações finais

Esta avaliação contou com 34 participantes com perfil de agentes envolvidos no cenário educacional dos mais diversos níveis de ensino observando gráficos desenvolvidos com e sem o auxílio do Vis2Learning. A análise dos resultados desta avaliação mostrou que em geral os participantes consideraram as visualizações construídas com base no Vis2Learning mais adequadas para o cenário educacional. Os casos onde os participantes não consideraram as visualizações construídas com base no **Vis2Learning** como adequadas foram decorrentes do uso de formatos não-tradicionais para a representação. Nestes casos os participantes tendem a não se sentir confortáveis com o uso, como solução é sugerido um treinamento para familiarizar os usuários com os formatos propostos. A necessidade de um treinamento é corroborada pela literatura discutida e pelo teste de *Fisher* realizado, que rejeitou a hipótese nula de que ter experiência em sistemas educacionais com visualização de dados **não** influenciou o participante na escolha do gráfico construído com base no Vis2Learning como adequado.

6 Avaliação com desenvolvedores

6.1 Considerações iniciais

Nesta avaliação foi realizado um estudo experimental (WOHLIN et al., 2000) visando coletar as impressões de desenvolvedores ao utilizar o Vis2Learning. Os participantes individualmente deveriam: desenvolver duas visualizações baseado em dois cenários de uso utilizando a ferramenta AMCHARTS online; entregar o código fonte das visualizações; descrever (de maneira livre) quais foram suas impressões durante o experimento; listar quais foram as referências usadas; e responder a um questionário próprio. Os resultados desta avaliação são relativos a **etapa E** da metodologia do projeto de mestrado.

Todos participantes tinham acesso livre à internet, porém, apenas os situados no grupo **A** tinham acesso ao Vis2Learning. Além de analisar o resultado da utilidade e facilidade percebida sobre o uso do Vis2Learning, também foram comparadas as visualizações desenvolvidas pelo grupo com e sem o uso do guia de recomendações, uma vez que o cenário era o mesmo para todos. O público desta avaliação foram alunos de graduação e pós-graduação que estavam cursando a disciplina de Tópicos em Interface Humano-Computador do curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos - *campus* Sorocaba.

6.2 Planejamento

Foram elaborados documentos auxiliares visando conduzir e orientar os participantes do início ao fim do processo, os documentos produzidos foram: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); questionário de perfil; documento de instruções sobre a atividade para o grupo A e grupo B; cenários de uso (I e II); massa de dados em CSV¹ para cada cenário; modelo de arquivo resposta; uma versão interativa do **Vis2Learning** disponibilizada via *Google Sheets* (apenas para participantes do **grupo A**); um questionário de *feedback* construído (com base no modelo TAM) sobre a utilidade e facilidade percebida pelos participantes que fizeram o uso do Vis2Learning; e uma aula de aquecimento para situar os participantes sobre as etapas do experimento. Segue uma breve descrição sobre cada artefato desenvolvido:

TCLE: trata-se de um documento formal que descreve os objetivos da coleta e as condições de aceite sobre a utilização dos dados gerados pelos participantes durante o

¹ *Comma Separated Values* é um arquivo cujo formato de armazenamento dos valores é separado por vírgula.

experimento. O documento desenvolvido está disponível no *Google Drive*²;

Questionário de perfil: desenvolvido por meio do *Google Forms*, o questionário tinha a função de agregar informações sobre a experiência profissional e acadêmica dos participantes com o objetivo de conduzir a divisão da turma em dois grupos de forma balanceada e também agregar informações que pudessem ampliar a análise dos resultados do experimento. Disponível no *Google Drive*³;

Documento de instruções sobre a atividade: contém as instruções necessárias para a execução do experimento por parte do participante, possui *links* para todos os documentos auxiliares e uma descrição detalhada do passo a passo da atividade. Cada grupo recebeu um arquivo, o arquivo do **Grupo A** (Apêndice C) e **Grupo B** (Apêndice D);

Cenário de uso: foram desenvolvidos dois cenários onde cada um descrevia uma necessidade diferente de um professor relacionado a uma visualização. Os participantes, individualmente, deveriam interpretar os dois cenários propostos e desenvolver uma solução para cada. As visualizações seriam desenvolvidas em caráter de protótipo utilizando uma ferramenta específica para este fim. Os cenários de uso estão contidos no documento de instruções descrito anteriormente;

Massa de dados em CSV: para padronizar a análise dos resultados e equilibrar as condições para todos os participantes, duas massas de dados foram geradas, sendo uma para cada cenário de uso. Isto serviu para manter apenas o acesso ao **Vis2Learning** como variável injetada propositalmente pelas circunstâncias do experimento. A utilização dos dados era obrigatória e os participantes foram instruídos de que nenhum tipo de alteração era permitida. Os dados estão disponíveis no *Google Drive*⁴;

Modelo de arquivo resposta: um arquivo de texto editável contendo a formatação recomendada para entregar os resultados da coleta. Os participantes foram instruídos a entregar o código fonte das visualizações, as referências utilizadas para o desenvolvimento junto com o motivo da utilização e um breve comentário sobre as dificuldades encontradas. O modelo desenvolvido está disponível no *Google Drive*⁵;

Versão interativa do Vis2Learning: para facilitar a compreensão das recomendações por parte dos participantes foi elaborado uma planilha eletrônica disponibilizada *online* contendo as recomendações do guia. Para cada cenário de aplicação existia o formato de gráfico recomendado, uma imagem de exemplo, uma breve descrição da finalidade, características básicas, e recomendações relacionadas a representação de valor exato, filtros, marcação e características específicas como cores, formatos ou quantidade de informações a serem representadas. A versão interativa do **Vis2Learning** está disponível no *Google*

² <https://drive.google.com/open?id=14E4zFsY0KTC0B_B9R71GNCAbWp98BV6F>

³ <https://drive.google.com/open?id=1cd62mdZcOFVkiJR_VAjtmZ1m3MukqIPp>

⁴ <<https://drive.google.com/open?id=1ptgsi9DmUgDNI4zC-kDxWBoFRY5SDRsH>>

⁵ <<https://drive.google.com/open?id=1hnwhRV4HQ6t364-1WikBqAs-3OX9ysss>>

*Drive*⁶;

Questionário de *feedback*: para medir a utilidade e a facilidade percebida pelos participantes do estudo que fizeram o uso do Vis2Learning, um questionário foi construído com base no modelo de aceitação tecnológica (*Technology Acceptance Model - TAM*). O TAM foi proposto por Davis (1989) e adaptado para essa avaliação com desenvolvedores, visto que seu objetivo é analisar a aceitação de certa tecnologia da informação por um grupo de participantes (DIAS et al., 2011). O questionário continha 10 perguntas obrigatórias e uma questão aberta opcional sobre o uso e/ou implementação das recomendações. As questões obrigatórias ficaram distribuídas entre 5 sobre utilidade e 5 sobre facilidade, as perguntas podem ser observadas na Tabela 32. O questionário desenvolvido está disponível no *Google Drive*⁷;

Tabela 32: Perguntas desenvolvidas para o questionário de *feedback* aplicado aos desenvolvedores que utilizaram o Vis2Learning

Dimensão	Código	Pergunta
Utilidade	U1	Utilizar as recomendações permitiu que eu escolhesse o formato de visualização de maneira mais rápida.
	U2	Utilizar as recomendações melhorou minha percepção sobre boas práticas para construção de visualizações.
	U3	Utilizar as recomendações é importante e adiciona valor ao meu trabalho.
	U4	As recomendações tornaram o resultado das visualizações mais interessantes.
	U5	Considero as recomendações úteis para o desenvolvimento de visualizações de dados educacionais.
Facilidade	F1	Foi fácil aprender a utilizar as recomendações.
	F2	Considero fácil entender as recomendações.
	F3	Considero fácil aplicar as recomendações.
	F4	Utilizar as recomendações facilita a realização do meu trabalho.
	F5	As recomendações permitem flexibilidade para o desenvolvimento das visualizações.

Fonte: elaborado pelo autor

Aula de aquecimento: esta aula foi planejada para: explorar os conceitos de InfoVis e Dados Educacionais; realizar a navegação entre os documentos mencionados anteriormente para conhecer sua estrutura e conteúdo; e realizar um tutorial explorando as principais funcionalidades da ferramenta para prototipagem de gráficos. Os objetivos desta aula foram nivelar o conhecimento dos participantes sobre os conceitos e ferramentas que seriam utilizados no experimento. Os *slides* preparados para esta aula estão disponíveis no *Google Drive*⁸.

Para não acrescentar mais variáveis que pudessem desequilibrar o desempenho dos participantes a ferramenta para prototipação de gráficos não deveria exigir conhecimentos

⁶ <https://drive.google.com/open?id=1iPPm9h0Q7GJNaeObntMOC74EJLn_qou5YMJJz8UoSJU>

⁷ <<https://drive.google.com/open?id=1AEc9c29PnE0zkNXWFs9qOiJ47v8oIu6g>>

⁸ <<https://drive.google.com/open?id=1IG-AH0U64TMYujN18sI4WPsdPBR9tJjx>>

de programação. Além disto a ferramenta deveria possuir flexibilidade para alterar todos os parâmetros visuais do gráfico, permitindo a aplicação de qualquer recomendação presente no Vis2Learning.

O processo para a escolha da ferramenta foi exploratório e comparativo entre opções recomendadas pelo blog do JUSTMIND⁹ e pesquisas na internet. Após uma triagem inicial foram escolhidas as seguintes ferramentas: Chartblocks¹⁰, Plotly¹¹, Datawrapper¹² e AMCHARTS¹³. Para testar as ferramentas foram definidos um conjunto de cinco requisitos para desenvolver as duas visualizações propostas pelos cenários, sendo eles: **R1** - Funcionar via navegador de internet; **R2** - Possuir mecanismo para edição de *tooltip*; **R3** - Possuir mecanismo para edição de legendas; **R4** - Possuir mecanismo para alteração de cores e transparência; e **R5** - Possuir opção de utilizar padrões (riscos, pontos, traços, etc.) em conjunto com as cores.

Além dos requisitos, duas tarefas foram definidas para avaliar as ferramentas, sendo elas: **T1** prototipar um gráfico para o **cenário 1** seguindo a recomendação **R2** do Vis2Learning; e **T2** prototipar um gráfico para o **cenário 2** seguindo a recomendação **R6** do Vis2Learning. Cada ferramenta foi testada em relação aos requisitos e as tarefas, os resultados estão descritos na [Tabela 33](#).

Tabela 33: Resultados dos testes com as ferramentas para prototipagem de gráficos

Ferramenta	R1	R2	R3	R4	R5	T1	T2
Chartblocks	X	-	-	X	-	X	-
Plotly	X	-	X	X	-	X	-
Datawrapper	X	-	-	X	-	X	-
AMCHARTS	X	X	X	X	X	X	X

Legenda: - = Reprovado, X = Aprovado

Fonte: elaborado pelo autor

Devido a boa pontuação na avaliação, grande amplitude de formatos de gráficos disponíveis e a possibilidade de alterar todas as propriedades dos gráficos de maneira interativa não sendo necessário conhecimentos de programação, a ferramenta **AMCHARTS** foi escolhida para prototipação dos gráficos.

6.3 Execução

Para a execução da avaliação com desenvolvedores foi escolhida uma turma da disciplina de Tópicos em Interface Humano-Computador do curso de Ciência da Computação

⁹ <<https://www.justinmind.com/blog>>

¹⁰ <<https://www.chartblocks.com/en/>>

¹¹ <<https://plot.ly/>>

¹² <<https://www.datawrapper.de/>>

¹³ <<https://live.amcharts.com/>>

da Universidade Federal de São Carlos - *campus* Sorocaba, composta por 26 alunos sendo: 4 de pós-graduação e 22 de graduação. A aceitação sobre o TCLE foi coletada digitalmente. Antes da aplicação do experimento, os participantes responderam um questionário de perfil com questões sobre a experiência dos mesmos com: linguagens de programação; com a área de Visualização da Informação; e com as ferramentas que seriam utilizadas no experimento. As respostas ao questionário de perfil então reunidas na [Tabela 34](#), o participante **P-26** foi o único a não responder o questionário de perfil.

As informações coletadas pelo questionário de perfil foram utilizadas para guiar a divisão da turma de forma balanceada, a diferença fundamental entre os dois grupos era de que o **grupo A** era o único que possuía acesso ao **Vis2Learning**. Participantes que possuíam conhecimentos nas ferramentas utilizadas no teste foram alocados no grupo que **não** tinha acesso às recomendações. O passo a passo do processo de divisão dos grupos pode ser observado na [Tabela 35](#).

O experimento ocorreu em um laboratório de informática da Universidade Federal de São Carlos - *campus* Sorocaba. O laboratório é organizado em fileiras e dividido em duas partes por um corredor central, para a execução do teste o grupo A foi alocado no lado direito enquanto o grupo B ficou no lado esquerdo. Os participantes utilizaram os computadores da instituição para executar as atividades propostas, um computador pessoal também poderia ser utilizado pois o único requisito era possuir acesso a internet para utilização da ferramenta e dos materiais disponibilizados.

Após a organização, todos os participantes foram submetidos a uma aula de aquecimento. Nesta aula foram apresentados todos os objetivos do experimento, quais eram os passos necessários e documentos disponíveis para a execução, e os conceitos básicos sobre Dados Educacionais e Visualização da Informação sob as definições de [Munzner \(2014\)](#) e [Ware \(2012\)](#). Também foi realizado um exercício prático na ferramenta AMCHARTS Online para garantir que todos tivessem conhecimentos sobre o uso da ferramenta.

Para a execução os participantes deveriam ler os cenários de uso, interpretá-los e então utilizar a ferramenta AMCHARTS Online para prototipar um gráfico que respondesse às necessidades apontadas no cenário descrito. Durante o teste todos os participantes poderiam tirar dúvidas com o responsável pela aplicação (o autor) e poderiam acessar a internet, mas apenas os participantes do **grupo A** poderiam utilizar o Vis2Learning.

Ao terminar cada gráfico os participantes deveriam preencher o modelo de arquivo resposta com: o código fonte da visualização; elencar de forma escrita quais foram as referências utilizadas durante o desenvolvimento junto com o motivo que levou a esta utilização; e descrever quais foram as dificuldades durante o desenvolvimento. Desta forma cada participante deveria produzir um arquivo resposta, e cada arquivo resposta deveria conter no mínimo dois códigos-fonte de gráficos distintos.

Tabela 34: Respostas dos participantes ao questionário de perfil

Participante	Identificação		Conhecimentos										Exp			Uso de gráficos			Informação Sobre gráficos
	Idade	Escolaridade	HTML	JS	Gráficos	InfoVis	AMCHARTS	Dev	Pessoal	Faculdade	Emprego	Faculdade	Emprego	Faculdade	Emprego	Faculdade	Emprego		
P1	23	Superior	3	3	2	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2;3	
P2	21	Sup. Incompleto	4	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2;3	
P3	22	Sup. Incompleto	4	4	3	3	3	2	2	4	4	3	3	3	3	3	3	2;3	
P4	34	Superior	4	3	3	3	1	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2;3	
P5	22	Sup. Incompleto	3	3	2	1	1	4	4	2	2	3	1	2	2	2	2	2;3	
P6	21	Sup. Incompleto	3	3	3	3	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2;3	
P7	20	Sup. Incompleto	3	3	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	
P8	35	Superior	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2;3	
P9	21	Sup. Incompleto	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2;3	
P10	23	Sup. Incompleto	3	3	3	3	1	4	4	2	2	3	3	3	3	3	1	1	
P11	21	Sup. Incompleto	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2;3	
P12	22	Sup. Incompleto	3	3	2	2	1	4	4	4	2	2	1	2	2	1	2	2;3	
P13	21	Sup. Incompleto	3	3	2	1	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2;3	
P14	22	Sup. Incompleto	4	4	3	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2;3;4	
P15	24	Sup. Incompleto	2	2	2	2	1	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	3;4	
P16	20	Sup. Incompleto	3	3	3	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2;3	
P17	21	Sup. Incompleto	3	3	3	2	1	2	2	2	3	1	1	3	1	1	3	3	
P18	27	Superior	3	3	4	1	1	4	4	4	2	2	3	2	3	3	2;3;4		
P19	24	Sup. Incompleto	3	3	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	
P20	21	Sup. Incompleto	4	3	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	
P21	22	Sup. Incompleto	3	2	2	2	1	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	
P22	22	Sup. Incompleto	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2;3	
P23	25	Sup. Incompleto	3	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2;3	
P24	20	Sup. Incompleto	3	3	1	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2	2	3	3	
P25	26	Sup. Incompleto	3	3	3	2	1	4	4	2	2	1	1	2	2	2	2	2;3	

Conhecimentos: Nunca ouvi falar(1); Tenho conhecimento teórico(2); Tenho conhecimento prático e teórico(3); Tenho profundo conhecimento(4) | Exp: Já programei em disciplinas(2); Já trabalhei com programação(3); Trabalho atualmente com programação(4) | Uso de gráficos: Não utilizei(1); Utilizei algumas vezes(2); Utilizo sempre pois é necessário(3); Utilizo sempre por minha opção(4) | Info: Não utilizei(1), Busco dicas na internet(2), Busco exemplos prontos(3), Busco por catálogos que tenham descrições detalhadas de uso dos gráficos(4)

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 35: Passo a passo para formação dos grupos da avaliação com desenvolvedores

#	Perfil	Quantidade	Destino
1	Com conhecimentos de AMCHARTS	2	Ambos para o grupo B
2	Sem conhecimento de InfoVis e com ensino superior	2	Um para cada grupo
3	Sem conhecimento de InfoVis e com conhecimento teórico sobre criação de gráficos	6	Três para cada grupo
4	Sem conhecimento de InfoVis e sem conhecimento sobre criação de gráficos	2	Um para cada grupo
5	Com profundo conhecimento sobre JavaScript	2	Um para cada grupo
6	Com ensino superior	2	Um para cada grupo
7	Não utilizam visualização na vida pessoal nem no trabalho	2	Um para cada grupo
8	Superior incompleto, conhecimento teórico em todas as áreas, sem conhecimento do AMCHARTS e não usa visualizações	8	Seis para o grupo A e dois para o grupo B

Fonte: elaborado pelo autor

Para finalizar a atividade os participantes dos dois grupos deveriam preencher corretamente o arquivo de resposta e entregar via *Google Classroom*. Participantes do grupo A, além de seguir o procedimento básico, deveriam responder ao questionário de *feedback* cujo *link* estava disponível no documento de instruções.

6.4 Ameaças à validade

Em relação ao experimento, existem quatro ameaças à validade determinadas por Wohlin et al. (2000), sendo elas ameaças de: conclusão; construção; interna; e externa. Segue descritos os elementos para mitigação destas ameaças relacionadas a avaliação discutida neste capítulo:

Conclusão: para agregar credibilidade aos dados analisados foram determinadas fontes diversas de informação. Para avaliação dos protótipos desenvolvidos foram considerados: o código fonte gerado pela ferramenta AMCHARTS; as visualizações resultantes dos códigos; os comentários realizados pelos participantes no arquivo de respostas enviado via *Google Classroom*; e as referências utilizadas pelos participantes. Para o **grupo A** houve ainda uma coleta de opinião por meio do *Google Forms* onde os participantes responderam questões baseadas no modelo TAM sobre a utilidade e facilidade percebida no uso das recomendações;

Construção: para mitigar problemas relacionados a construção do experimento foram elaborados documentos contendo todas as instruções e regras sobre as etapas da atividade. Este documento continha também os cenários de uso e os dados que seriam utilizados para o desenvolvimento das visualizações. Em relação ao desenvolvimento das visualizações, foi realizado uma pesquisa exploratória para selecionar uma ferramenta de

prototipagem que não exigisse conhecimentos sólidos de programação. Antes de iniciar, os participantes tiveram uma aula sobre os temas que iriam permear o experimento. A saber os temas foram: Visualização da Informação; uso da ferramenta AMCHARTS; e uma introdução a Dados Educacionais. Para auxiliar os participantes na utilização dos documentos e da ferramenta foi realizada uma sessão de aquecimento seguindo os mesmos padrões que seriam utilizados na avaliação;

Interna: é relacionado ao cansaço dos participantes, para mitigar foram definidas apenas duas visualizações que seriam desenvolvidas com a ajuda de uma ferramenta de prototipação com ambiente gráfico que permitia alterar todos os parâmetros da visualização sem a necessidade de interagir com o código fonte. Além disto, foram fornecidos todos os dados já formatados para que os participantes pudessem empreender esforços apenas nas escolhas de *design* da visualização;

Externa: está relacionada a escolha de estudantes para representar desenvolvedores, [Salman, Misirli e Juristo \(2015\)](#) concluíram que profissionais e estudantes tendem a apresentar desempenho semelhante ao desenvolver novas tarefas. No contexto desta avaliação apenas um participante declarou trabalhar com desenvolvimento de visualizações, sugerindo que a maior parte do grupo não possuía experiência com o tipo de atividade proposta.

6.5 Análise

A análise dos artefatos gerados nesta avaliação seguiu um processo exploratório onde as visualizações desenvolvidas pelos participantes foram comparadas com um gabarito elaborado pelo autor. Com base no gabarito foi observado se os elementos recomendados no Vis2Learning estavam presentes nas visualizações desenvolvidas. As visualizações não foram julgadas como certas ou erradas, apenas foram categorizadas em “adequadas” ou “pouco adequadas” com base na proximidade com o gabarito e na correta aplicação das recomendações, levando em conta o formato de visualização adequado para a situação conforme descrito pelas recomendações. Os dados gerados por esta avaliação referente ao **cenário 1** estão dispostos na [Tabela 36](#) e sobre o **cenário 2** na [Tabela 37](#).

Após a avaliação das visualizações foram exploradas as referências utilizadas e os comentários deixados pelos participantes no arquivo de respostas. Isto permitiu observar quais foram os passos realizados e os problemas encontrados pelos participantes durante o processo de escolha dos formatos de visualização. Também foi possível notar a diferença entre os problemas elencados pelos participantes que tinham acesso às recomendações e os que não tinham. Ao final foram analisados os dados coletados pelo questionário desenvolvido com base no modelo TAM, para observar a utilidade e a facilidade percebida na utilização do Vis2Learning.

Tabela 36: Resultado das análises realizadas nas visualizações desenvolvidas referente ao cenário 1

Participante	formato escolhido	Tooltip	3D*	Empilhamento	Cores e Padrões	Adequada?
P1	barra horizontal empilhada	1	0	2	1	Sim
P2	barra vertical empilhada	1	0	2	1	Sim
P3	barra horizontal	1	0	0	1	Não
P4	barra vertical	1	2	0	1	Não
P5-A	barra horizontal	2	0	0	1	Não
P6-A	barra horizontal empilhada	1	0	2	1	Sim
P7	barra vertical empilhada	1	0	2	1	Sim
P8-A	barra horizontal	1	0	0	1	Não
P9-A	barra horizontal empilhada	1	0	2	1	Sim
P10-A	barra vertical	1	0	0	1	Não
P11-A	barra vertical empilhada	1	0	2	1	Sim
P12-A	barra horizontal empilhada	1	0	2	1	Sim
P13-A	barra horizontal empilhada	1	0	2	1	Sim
P14	barra vertical	1	0	0	1	Não
P15-A	barra vertical	1	0	0	1	Não
P16	barra vertical empilhada	1	0	2	1	Sim
P17	barra vertical empilhada	1	0	2	1	Sim
P18-A	barra horizontal empilhada	1	0	2	1	Sim
P19	barra vertical empilhada	1	0	2	1	Sim
P20-A	barra vertical empilhada	1	0	2	1	Sim
P21	linha	0	0	-1	1	Não
P22	barra vertical empilhada	1	2	2	1	Não
P23-A	barra horizontal empilhada	1	0	2	1	Sim
P24	barra horizontal empilhada	1	0	2	1	Sim
P25-A	barra horizontal empilhada	1	0	2	1	Sim
P26	barra vertical empilhada	1	0	2	1	Não

Legendas: Não se aplica(-1), Não aplicou(0), Aplicado parcialmente(1), Aplicado totalmente(2) | *Utilizar o formato 3D não era adequado | -A identifica os participantes do grupo que utilizou o Vis2Learning.

Fonte: elaborado pelo autor

6.6 Resultados

Levando em conta todos os 26 participantes, 11 deles conseguiram desenvolver uma solução adequada para ambos cenários (7 possuíam acesso ao Vis2Learning). Por outro lado, 8 participantes não conseguiram desenvolver soluções adequadas em nenhum dos cenários (3 possuíam acesso ao Vis2Learning). Todas as visualizações criadas pelos participantes estão disponíveis no *Google Drive*¹⁴

A seguir, os resultados foram divididos em subseções conforme os dados gerados pelos participantes foram analisados. Para facilitar a interpretação das informações os participantes mencionados nas subseções seguintes serão identificados pelo seu código acrescido de seu grupo, Ex. P2-B. Neste ponto vale reforçar que o único grupo que possuía acesso ao Vis2Learning era o **grupo A**.

¹⁴ <<https://drive.google.com/open?id=12ASsXxN00VtX1JNxOKtjgyr6SZE-xHjJ>>

Tabela 37: Resultado das análises realizadas nas visualizações desenvolvidas referente ao cenário 2

Participante	formato escolhido	Tooltip	3D*	Legendas	Transparência	Padrões	Adequada?
P1	coluna + linha	1	0	2	2	1	Não
P2	coluna + linha	1	0	2	-1	1	Não
P3	linha	2	0	2	-1	2	Não
P4	barra vertical	1	2	1	-1	0	Não
P5-A	área	1	0	2	2	0	Sim
P6-A	área	2	0	2	2	2	Sim
P7	linha	1	0	2	-1	2	Sim
P8-A	barra vertical	1	0	2	-1	0	Não
P9-A	coluna + linha	1	0	2	-1	1	Não
P10-A	coluna + linha	0	0	2	-1	1	Não
P11-A	linha	1	0	2	-1	2	Sim
P12-A	barra vertical	1	0	2	-1	2	Não
P13-A	linha	1	0	2	-1	2	Sim
P14	linha	1	0	2	-1	2	Sim
P15-A	coluna + linha	1	0	2	-1	1	Não
P16	linha	1	0	2	-1	2	Sim
P17	área + linha	1	0	2	2	2	Sim
P18-A	área	2	0	2	2	0	Sim
P19	barra horizontal	1	0	2	-1	0	Não
P20-A	área + linha	2	0	1	-1	0	Sim
P21	barra horizontal sobreposta	1	0	2	1	0	Não
P22	barra vertical sobreposta	1	2	1	0	0	Não
P23-A	linha	2	0	2	-1	2	Sim
P24	linha	0	0	2	-1	0	Sim
P25-A	linha	2	0	2	-1	2	Sim
P26	barra vertical	1	0	2	-1	0	Não

Legendas: Não se aplica(-1), Não aplicou(0), Aplicado parcialmente(1), Aplicado totalmente(2) | *Utilizar o formato 3D não era adequado | -A identifica os participantes do grupo que utilizou o Vis2Learning.

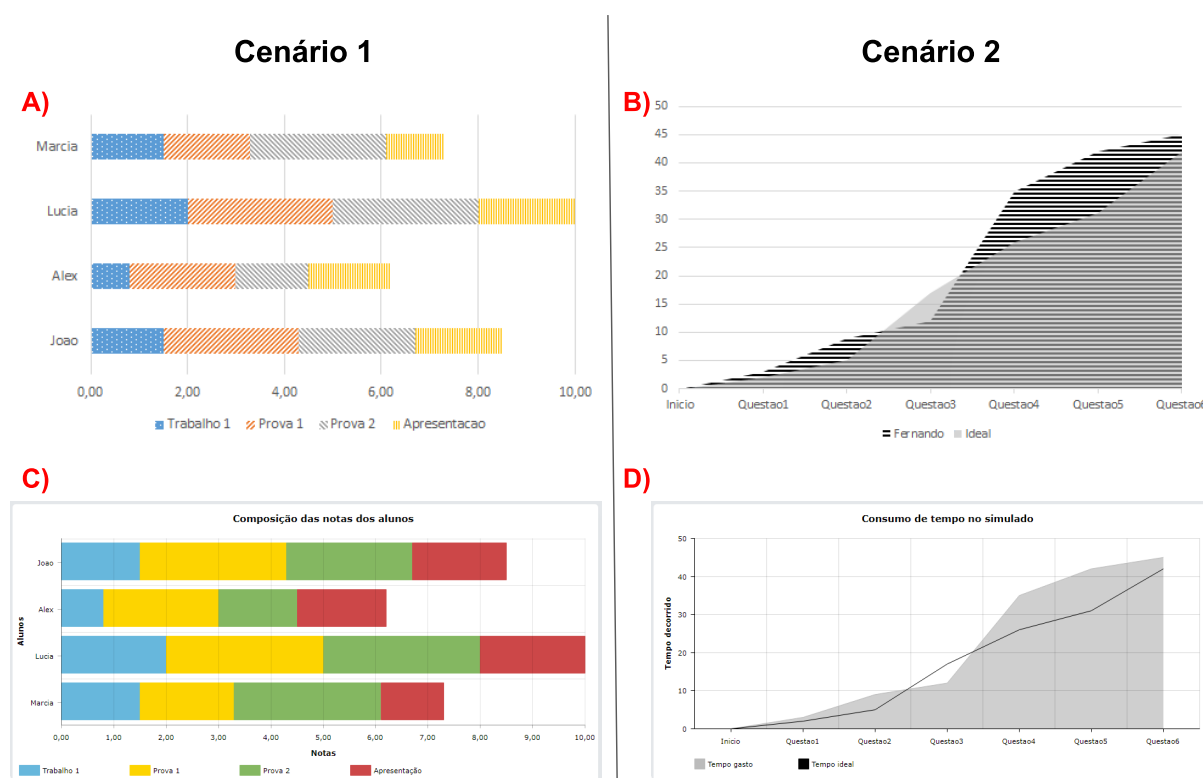
Fonte: elaborado pelo autor

6.6.1 Cenário 1

O **cenário 1** descrevia uma situação onde um professor gostaria de observar a proporção de cada um dos quatro elementos que compõem a nota final de seus alunos. De acordo com o Vis2Learning (tópico **R2**) o gráfico adequado para este tipo de observação deveria ser um gráfico de barras horizontais empilhadas, conforme apresentado na [Figura 20](#) item A).

Este cenário contou com 16 soluções adequadas, destas soluções 9 foram feitas com o auxílio do Vis2Learning. De maneira geral as soluções adequadas ficaram muito próximas ao gabarito desenvolvido pelo autor, como é o exemplo da solução proposta pelo participante P20-A ([Figura 20](#) item C)) onde a única recomendação não aplicada foi a utilização de padrões (riscos, pontos, traços, etc.) para diferenciar as colunas.

Figura 20: Exemplos de gráficos relacionados aos cenários desenvolvidos para a avaliação com desenvolvedores



Item A e B foram desenvolvidos pelo autor e usados como gabarito para a avaliação | Item C foi desenvolvido pelo participante P25-A | Item D pelo participante P20-A

Fonte: elaborado pelo autor

Entre as soluções consideradas adequadas há diferenças apenas em relação às cores escolhidas para cada categoria e a orientação espacial do gráfico, onde alguns participantes optaram pelo formato de barras empilhadas horizontalmente e outros pelo de barras empilhadas verticalmente. Para este cenário o tópico **R2** do Vis2Learning recomendava a utilização de barras empilhadas horizontalmente para melhorar a visibilidade sobre as proporções de cada elemento, porém, a utilização de outra orientação não foi considerada como pouco adequada, pois não afetou a interpretação da informação.

Em relação às soluções consideradas pouco adequadas apenas um participante (P21-B) escolheu o formato de linha para representar os dados enquanto os outros escolheram o formato de barras sem empilhamento. Ambas as opções foram consideradas pouco adequadas, pois não apresentam de maneira clara qual é a nota final dos alunos (que é composta pela soma dos 4 elementos), desta maneira elas não suprem a necessidade do professor.

6.6.2 Cenário 2

O **cenário 2** descrevia a necessidade de um professor que gostaria de mostrar a seus alunos, de modo impresso em preto e branco, qual era a distribuição do tempo consumido por questão de uma prova e comparar com uma distribuição considerada ideal. De acordo com o tópico **R6** do Vis2Learning o formato adequado para este cenário seria uma implementação do gráfico de área, conforme observado na [Figura 20](#) item B). Porém, para este cenário uma solução adequada não era limitada ao gráfico de área, uma vez que com alguns cuidados um gráfico de linhas poderia ser utilizado.

Os dados disponibilizados para este cenário eram contínuos e representavam a linha do tempo de um aluno realizando uma prova com 10 questões. Cada dado era formado pelo tempo em que o aluno terminou e o número da questão, Exemplo: o aluno terminou a questão 2 após 10 minutos de prova = **(10:00, questão 2)**.

Dentre as 26 soluções propostas 13 foram consideradas adequadas, das quais 8 foram elaboradas com base no Vis2Learning. Algumas soluções ficaram bem próximas ao gabarito do autor, como foi o caso do participante P20-A ([Figura 20](#) item D)). Os participantes P7-B, P14-B, P16-B, P17-B e P24-B conseguiram propor visualizações cumprindo praticamente todas as recomendações do tópico **R6**, ao analisar o perfil destes participantes foi percebido que todos possuem a preferência por buscar dicas e exemplos prontos na internet baseado no contexto do cenário. Um fator relevante relacionado ao participante P24-B é que o mesmo declarou trabalhar como desenvolvedor *web* desenvolvendo gráficos, para isto ele conta com o auxílio da ferramenta *chart.js*¹⁵.

Os participantes P21-B e P22-B foram os únicos a apresentar uma solução utilizando barras sobrepostas. Este tipo de solução está longe de ser considerada como adequada, pois com a disposição dos dados algumas barras foram suprimidas impossibilitando a obtenção do valor exato por parte do usuário. O tópico **R6** do Vis2Learning possui recomendações para mitigar este tipo de problema que é relacionado ao formato do gráfico e a maneira com a qual ele pode se comportar conforme os dados são representados. Por mais que pareça um problema com solução intuitiva os participantes com acesso apenas à *internet* não conseguiram evitá-lo.

A maioria dos gráficos considerados como pouco adequados possuíam o formato de barras paralelas (Ex. P4-B) ou barra associado a um gráfico de linha (Ex. P1-B). Nestes casos ao representar em barras a visualização transmite a falsa ideia de que cada barra representa o tempo total gasto por questão, induzindo o usuário a uma interpretação errada. Para evitar este tipo de problema o Vis2Learning possui a descrição de **finalidade**, este campo informa o desenvolvedor sobre as características físicas da visualização e como ela se relaciona com o formato dos dados.

¹⁵ <<https://www.chartjs.org/>>

6.6.3 Feedback dos participantes

O arquivo de respostas possuía um campo de comentário para cada cenário proposto, onde cada participante poderia registrar quais foram suas dificuldades e impressões sobre a atividade. Além dos comentários os participantes deveriam também elencar quais foram as referências e o motivo da utilização em cada gráfico. Ao final da avaliação os participantes com acesso às recomendações deveriam responder a um questionário TAM sobre a utilidade e facilidade percebida.

Participantes do **grupo A** relataram que o Vis2Learning trouxe informações relevantes e diretas em relação às características dos formatos de visualização e exemplos de uso de cada um, conforme mencionado pelo participante P5-A “*O catálogo de recomendações também ajudou bastante na escolha do gráfico ideal para cada tipo de dado e a maneira de representá-los da melhor forma de acordo com o objetivo proposto pelo cenário*”.

O participante P6-A mencionou que “*o catálogo de recomendações explica o melhor o uso de cada tipo de gráfico e essa informação é muito **difícil de ser encontrada de forma organizada e completa***”, sugerindo que o Vis2Learning foi um facilitador para que a escolha dos formatos a serem utilizados fosse feita de maneira mais rápida e assertiva.

Considerando o fato mencionado pelo participante P6-A de que não há material organizado e completo sobre a utilização de gráficos para visualização de Dados Educacionais, podemos observar críticas nos comentários do grupo que não teve acesso ao Vis2Learning, como foi o caso do participante P1-B que declarou não sentir confiança no momento da escolha da visualização “*Como não possuo muito conhecimento sobre qual gráfico é o mais apropriado, fiquei bastante confusa na hora da escolha e acabei tentando diversos gráficos até chegar nos que pareciam melhor para visualizar a informação solicitada*”

A falta de informações sobre o uso dos diferentes formatos de gráficos fez com que os participantes do **grupo B** consumissem mais tempo na escolha das visualizações, como podemos observar nos comentários do participante P22-B que ao desenvolver o **cenário A** declarou que “*A maior dificuldade foi a de formular, pensando nos tipos de gráficos mostrados na ferramenta, uma maneira que considerasse razoável para demonstrar os dados*”, e em seguida ao desenvolver a solução do **cenário B** afirmou que “*novamente a maior dificuldade, ao meu ver, foi a de escolher, dentre os modelos [formatos] de gráfico apresentados, um que possibilitasse passar uma informação comparativa a quem lesse*”.

Com a realização da atividade, um dos participantes que já trabalhou com programação (P1-B) percebeu que o desenvolvimento de visualizações é tratado de maneira genérica declarando que “*nunca parei para pensar por bastante tempo em como a visualização pode ser visualizada de maneira efetiva pelo usuário, já que como eu mesma percebi por “tentativa e erro” alguns [gráficos] podem não dar informação alguma ao usuário ou não apresentá-la de maneira mais efetiva para a necessidade do mesmo*”. Além disso, o

participante notou que a escolha por tentativa e erro é difícil pois existem muitas opções de gráficos que se adequam ao tipo do dado trabalhado, porém, não é possível saber se a escolha é útil para o contexto do usuário.

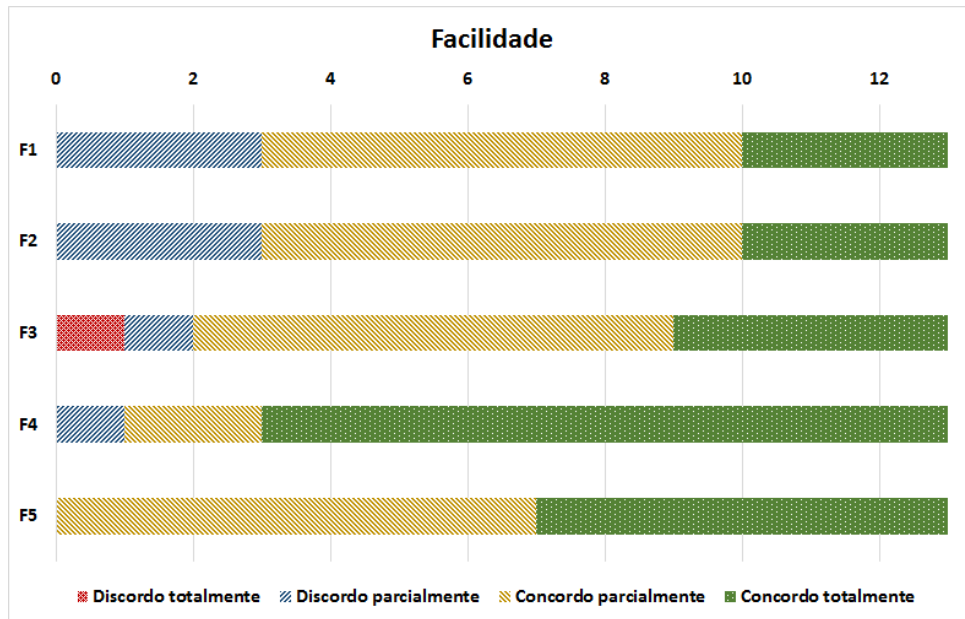
O participante P11-A não utilizou as descrições de cenário disponíveis nas recomendações para escolher o formato da visualização, ele optou por uma abordagem exploratória testando os formatos existentes até encontrar o ideal. Seguindo este procedimento o participante sentiu dificuldade em determinar o melhor formato, conforme descreveu: “[Senti] Um pouco de dificuldade na escolha entre gráfico de linhas,[...] gráfico de diagrama (rede de atividades) ou gráfico de área”, por fim o participante optou pelo formato que era compatível com a descrição do cenário. Durante o processo o participante também percebeu que as escolhas por ele consideradas como naturais, não refletiam bem a necessidade do cenário, ao fim da atividade o participante declarou “Achei interessante aplicar esses conceitos, pois mesmo que pareça intuitivo ao olharmos modelos [formatos] de visualização, ao tentarmos implementarmos vemos que requer uma série de estudos para tornar a visualização intuitiva”.

A análise dos comentários sobre as referências utilizadas pelos participantes do grupo **B** mostrou que o contexto de uso descrito pelo cenário apresentado foi utilizado para pesquisar um gráfico pronto na internet, conforme observado nos comentários do participante P1-B “Pesquisei no Google Imagens “como fazer gráfico de notas de alunos” para conseguir ver alguns exemplos” e comentários do participante P4-B “utilizei a visualização de [Google] imagens para ter conhecimento em tipos de gráficos que são utilizados para medir o desempenho de aluno.”. Este comportamento dos participantes sugere que uma abordagem para escolha do formato de visualização baseada em exemplos de uso pode ser adequada para este contexto.

Os resultados do questionário TAM (Tabela 38) foram analisados em conjunto com os comentários recebidos por meio dos arquivos de resposta e também da questão aberta presente ao final do questionário. As respostas para as questões apresentadas na Tabela 32 estão representadas na Figura 21 e Figura 22.

O saldo positivo da questão *F4 - Utilizar as recomendações facilita a realização do meu trabalho* revela que o Vis2Learning conseguiu cumprir seu objetivo de atuar como um guia para os participantes, permitindo que eles pudessem balizar suas escolhas baseadas em informações e assim obter um norte para direcionar o desenvolvimento. O nível de concordância recebido na questão *F5 - As recomendações permitem flexibilidade para o desenvolvimento das visualizações* corrobora a afirmativa de que as recomendações serviram como um guia, apoiando o objetivo de que elas foram concebidas para atuar de maneira complementar, não havendo necessidade de se limitar como única fonte de informação.

Os participantes desta avaliação não conheciam o Vis2Learning, em nenhum momento as recomendações foram apresentadas ou discutidas. O primeiro contato do grupo

Figura 21: Resultados do questionário de *feedback* em relação à facilidade percebida

Definição para as legendas esta disponível na [Tabela 32](#)

Fonte: elaborado pelo autor

A com as recomendações foi logo no início da avaliação quando os arquivos de instrução foram liberados. Isto é, não houve nenhum tipo de explicação ou treinamento sobre o uso das recomendações. Então, ao analisar as questões *F1 - Foi fácil aprender a utilizar as recomendações* e *F2 - Considero fácil entender as recomendações* observa-se que apenas 3 dos 13 participantes encontraram dificuldades relacionadas ao aprendizado sobre as recomendações, sugerindo que o Vis2Learning não necessita de um treinamento para seu uso.

A única questão da dimensão de **facilidade** a receber um discordo totalmente foi a *F3 - Considero fácil aplicar as recomendações*, esta resposta foi proveniente do participante P15-A que não conseguiu desenvolver uma solução adequada para nenhum dos cenários. O participante declarou não utilizar gráficos em nenhuma situação (estudos, vida pessoal ou profissional) e nunca teve contato com a ferramenta AMCHARTS. Ao analisar os comentários é possível notar frustração com a ferramenta ao desenvolver o cenário 1: “*Primeiramente escolhi o gráfico radar[...]porém não consegui plotar ele na ferramenta*” e no cenário 2: “[...]o maior problema foi arrumar os labels[...]”. Este conjunto de informações sugere que o participante declarou não haver facilidade em aplicar as recomendações pois encontrou demasiada dificuldade em manusear a ferramenta de prototipação.

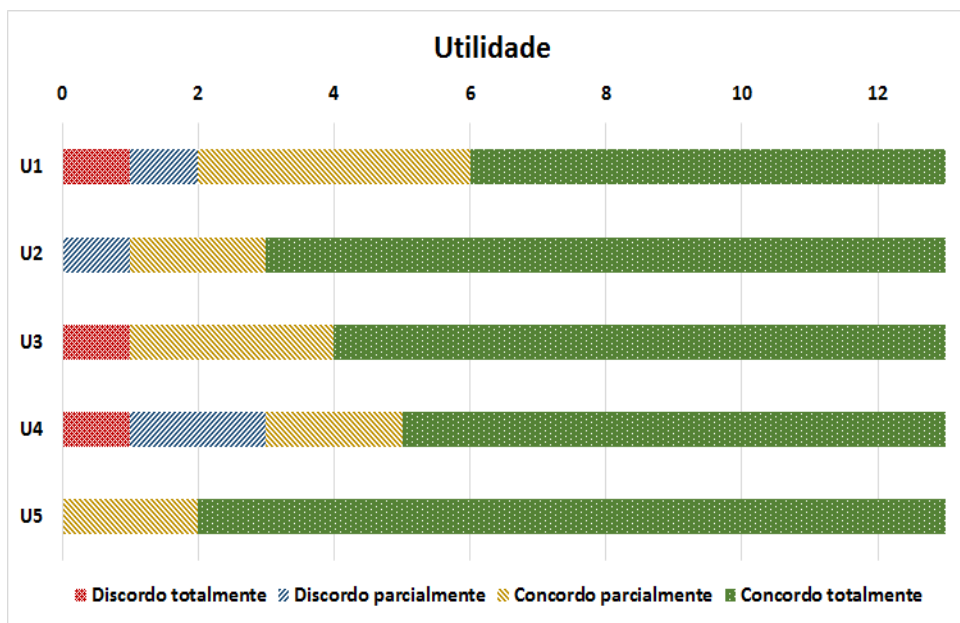
Todos os discordo totalmente recebidos na dimensão de **utilidade** são provenientes do participante P15-A, que conforme discutido anteriormente teve problemas com a utilização da ferramenta que acarretou em frustração e ele não conseguiu desenvolver

as visualizações. Em seus comentários e possível notar que a ferramenta o impedia de aplicar os formatos escolhidos “*Primeiramente escolhi o gráfico radar [...] porém não consegui plotar ele na ferramenta. Outra opção que tentei foi usar o gráfico de coluna [...] porém não consegui essa manobra*”. E mesmo com as dificuldades apresentadas o participante concordou totalmente com a questão U5 - *Considero as recomendações úteis para o desenvolvimento de visualizações de dados educacionais*, mostrando que ele aprovou o conteúdo das recomendações.

Ainda de acordo com a questão U5, nota-se que todos os participantes consideraram o conteúdo das recomendações como importante para o desenvolvimento de visualizações no contexto educacional. O nível de aceitação à questão U2 - *Utilizar as recomendações melhorou minha percepção sobre boas práticas para construção de visualizações* mostra que os participantes ainda não haviam entrado em contato com algum material nos moldes do Vis2Learning, e não possuíam consciência das dimensões envolvidas na construção de um gráfico. Esta ideia é corroborada pelo participante P12-A que afirmou: “*As recomendações realmente ajudaram a refletir sobre os possíveis problemas e benefícios em utilizar cada um dos tipos dos gráficos*”.

Um reflexo da importância percebida pelos participantes sobre as recomendações pode ser observado na taxa de aceitação recebida na questão U3 - *Utilizar as recomendações é importante e adiciona valor ao meu trabalho*, onde apenas o participante P15-A discordou

Figura 22: Resultados do questionário de *feedback* em relação à utilidade percebida



Definição para as legendas esta disponível na [Tabela 32](#)

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 38: Respostas dos desenvolvedores do grupo A ao questionário TAM

Código	Utilidade					Facilidade				
	U1	U2	U3	U4	U5	F1	F2	F3	F4	F5
P5	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2
P6	2	2	2	2	2	1	-1	2	1	1
P8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P9	2	2	2	1	2	1	1	2	2	1
P10	1	2	2	2	2	1	2	-1	1	1
P11	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
P12	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	2	2
P13	-1	2	2	1	2	1	1	1	2	2
P15	-2	-1	-2	-2	2	-1	1	-2	-1	2
P18	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1
P20	1	2	1	-1	1	2	1	1	2	1
P23	1	1	2	2	2	1	-1	1	2	1
P25	2	2	2	2	2	-1	1	1	2	1

Legenda: Discordo totalmente(-2), Discordo parcialmente(-1), Concordo parcialmente(1), Concordo totalmente(2) | A definição dos códigos presentes no cabeçalho está disponível na [Tabela 32](#)

Fonte: elaborado pelo autor

do valor adicionado ao trabalho. Os resultados da questão **U3** podem ser diretamente associados à questão *U4 - As recomendações tornaram o resultado das visualizações mais interessantes*, onde 10 dos 13 participantes que tinham acesso às recomendações declararam que suas propostas de visualização ficaram interessantes graças ao Vis2Learning.

Observa-se que 10 participantes concordaram com a questão *U1 - Utilizar as recomendações permitiu que eu escolhesse o formato de visualização de maneira mais rápida*, e ao analisar os comentários do grupo que usou as recomendações podemos observar que isto se deve graças as informações sobre o contexto de uso para cada gráfico presente no Vis2Learning, conforme é observado nos comentários dos participantes P5-A “*Ter o exemplo de aplicação para cada gráfico foi essencial para me ajudar a escolher a melhor opção de visualização para dos dados.*” e P8-A “*Os exemplos foram de grande importância para a seleção do melhor gráfico.*”.

Os saldos positivos sobre as questões relacionadas a utilidade e facilidade percebida pelos participantes sugerem que dentro do contexto desta avaliação o Vis2Learning cumpriu com o objetivo proposto de servir como um guia para os participantes. Conforme os comentários e as visualizações avaliadas, as recomendações foram úteis, agregaram valor ao trabalho e ajudaram os participantes a obter consciência sobre a necessidade de conhecer e aplicar melhores práticas para o desenvolvimento de visualizações sobre Dados Educacionais.

6.7 Discussão

De modo geral os participantes obtiveram sucesso no desenvolvimento das visualizações para ambos os cenários. Porém, com base na análise dos comentários é notável que o **grupo B** teve a necessidade de encontrar na *internet* elementos que estão presentes no Vis2Learning. Dentre os problemas declarados pelo **grupo B** a principal dificuldade foi relacionada com a escolha do formato de gráfico a ser utilizado em cada situação, os participantes realizaram pesquisas na *internet* por termos relativos ao cenário descrito. O comportamento apresentado por este grupo sugere que a organização e as informações presentes no Vis2Learning são compatíveis com a necessidade dos desenvolvedores durante a realização dos trabalhos.

Alguns participantes do **grupo B** conseguiram desenvolver soluções bem próximas ao Vis2Learning, como foi o caso dos participantes P7-B, P16-B, P17-B e P24-B. Estes participantes conseguiram propor visualizações adequadas para ambos os cenários. Ao analisar o perfil percebe-se que todos declararam sólido conhecimento sobre *JavaScript* (linguagem de programação usada pelo AMCHARTS) e preferência por ler a documentação da ferramenta e procurar exemplos prontos na internet. Estas características relacionadas à maneira como estes participantes desenvolveram suas visualizações e as informações que buscaram indica que o Vis2Learning seria utilizado sem problemas e supriria a necessidade dentro do contexto de trabalho destes participantes.

Levando em consideração todos os gráficos desenvolvidos para o **cenário 1** foi percebido que **nenhum** participante utilizou padrões (pontos, riscos, traços, etc.) para identificar os elementos presentes no gráfico, para este fim apenas as cores foram aplicadas. Porém, no **cenário 2**, onde os participantes foram informados que o gráfico seria impresso em preto e branco a recomendação de trabalhar não apenas com cores mas também com padrões foi seguida. Esta característica sugere que questões relacionadas a acessibilidade não são trabalhadas naturalmente pelos desenvolvedores de modo a mitigar problemas, mas apenas sobre demanda explícita. Confirmando o fato percebido por meio da questão **U2** de que os desenvolvedores não tem consciência de boas práticas para desenvolvimento de visualizações.

Os participantes P4-B e P22-B utilizaram gráficos de barra em 3D para ambas as soluções. Esta prática tornou as visualizações pouco adequadas pois quando o gráfico de barras é colocado no formato 3D a comparação entre as barras que não estão lado a lado fica prejudicada visto que o topo da barra fica irregular em relação às linhas de grade que representam a escala de valor. Os tópicos **R2** e **R6** possuem como recomendação geral **não** utilizar a versão 3D, além disso o campo de **características** presente em cada tópico do Vis2Learning apresenta ao desenvolvedor as possibilidades e implicações dos formatos escolhidos em relação a interpretação dos dados.

Com base nas análises realizadas nota-se que a maioria dos participantes do **grupo A** concordaram que o Vis2Learning é útil, fácil de entender e de aplicar. Ao comparar os comentários sobre as dificuldades observadas no **grupo B** com as facilidades percebidas pelo **grupo A**, nota-se que o Vis2Learning possui elementos que poderiam sanar os problemas reportados. Para analisar se a boa concordância medida pelas dimensões de facilidade e utilidade do TAM foram influenciadas pelo perfil dos participantes o teste exato de Fisher (1922) foi adotado.

O teste proposto por Fisher (1922) foi escolhido por ser recomendado para comparar dados categóricos coletados a partir de pequenas amostras, pois ele calcula a significância exata do desvio de uma hipótese nula usando o *p-value*, enquanto outros métodos utilizam uma aproximação. Além de fornecer um *p-value* com maior acurácia em amostras pequenas, os testes de significância **exatos** não necessitam de uma amostra balanceada ou bem distribuída (MEHTA; PATEL, 1996). Por se tratar de uma amostra pequena, foi adotado um intervalo de confiança de 95% (0.05) visando mitigar erros nos resultados. Para a execução do teste em relação aos dados gerados pelas questões **F1** e **F2** do TAM (apresentadas na Tabela 32) foi definido a seguinte hipótese nula:

- **H0** - Ter prévio conhecimento sobre InfoVis não influenciou na aceitação da <**F1** e **F2**>;
- **H1** - Ter prévio conhecimento sobre InfoVis influenciou na aceitação da <**F1** e **F2**>.

O *p-value* obtido sobre a análise dos dados da questão **F1** foi **0.4615** e da **F2** foi **0.8368**, sugerindo que não há evidências estatísticas que comprovem que possuir conhecimentos em InfoVis pode facilitar o aprendizado sobre o Vis2Learning ou sobre sua aplicação. Isto indica que a concordância percebida nas dimensões **F1** e **F2** do TAM aparentemente não foram influenciadas pelo perfil dos participantes e que o Vis2Learning provavelmente pode ser utilizado sem um treinamento prévio. Visando analisar se a utilização de visualizações no dia a dia influenciou os participantes dos dois grupos a escolher um formato de visualização considerado adequado segundo o Vis2Learning, foi definida a seguinte hipótese:

- **H0** - Utilizar visualizações no dia a dia não influenciou o participante a escolher o formato adequado no cenário <**1** e **2**>;
- **H1** - Utilizar visualizações no dia a dia influenciou o participante a escolher o formato adequado no cenário <**1** e **2**>.

O *p-value* obtido sobre a execução do teste com os dados do **cenário 1** foi de **0.3748**, e no **cenário 2** foi **0.6652**. Observa-se que não há evidências estatísticas sobre a

utilização de gráficos no dia a dia auxiliar o desenvolvedor a escolher o formato adequado de visualização. Para observar se os níveis de conhecimento relacionado a programação influenciaram os participantes a escolher o formato de visualização considerado adequado pelo Vis2Learning, foi definida a seguinte hipótese:

- **H0** - *O nível de conhecimento do participante em programação não influenciou na escolha do formato adequado no cenário <1 e 2>;*
- **H1** - *O nível de conhecimento do participante em programação influenciou na escolha do formato adequado no cenário <1 e 2>.*

O *p-value* obtido com os dados do **cenário 1** foi de **0.3821**, e do **cenário 2** foi **0.6828**. Sugerindo que **não** há provas estatísticas de que ser profissional de programação auxiliou os participantes a executar escolhas adequadas de acordo com as boas práticas apontadas pelo Vis2Learning. Observa-se que todos os *p-value* obtidos estão acima de 0.05, implicando que nenhuma das hipóteses nulas pode ser rejeitada.

6.8 Considerações finais

Esta avaliação ocorreu presencialmente contando com 26 participantes com perfil de desenvolvedores divididos em dois grupos. Todos prototiparam duas visualizações baseadas em dois cenários propostos, a diferença fundamental entre os grupos era de que apenas um possuía acesso ao **Vis2Learning**. O objetivo foi analisar a aceitação dos participantes ao utilizar as recomendações e observar a diferença entre as visualizações do grupo que contou com o apoio das recomendações contra os que não tiveram. Os resultados demonstraram que os participantes aprovaram as recomendações pois elas trazem muitas informações relevantes sobre o desenvolvimento de gráficos contextualizado para a área educacional. Conforme mencionado pelos participantes e corroborado pelo resultado do questionário TAM, os desenvolvedores possuem pouca consciência sobre boas práticas para desenvolvimento de visualizações e poucas opções de fontes organizadas para informações deste tipo.

7 Conclusão

Este projeto de mestrado propôs o **Vis2Learning**, um guia composto por recomendações para auxiliar o desenvolvedor a construir visualizações sobre Dados Educacionais aplicadas ao contexto de *e-learning*. Um estudo preliminar da literatura foi conduzido para agregar informações sobre o contexto do desenvolvimento de visualizações levando em consideração os aspectos da interação do usuário. Foi percebido que havia um crescente interesse da comunidade de Informática na Educação na inserção de visualizações para melhoramento das análises desenvolvidas sobre Dados Educacionais. Notou-se também o descontentamento dos profissionais da Educação com as ferramentas existentes que não apresentavam uso facilitado ou tinham caráter de protótipo e não poderiam ser aplicadas a outros contextos, sugerindo que os aspectos da interação do usuário não estavam sendo considerados.

Tendo em vista uma possível lacuna de pesquisa, uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi conduzida para descobrir quais eram as abordagens e etapas desenvolvidas pelos autores para guiar o processo de desenvolvimento de visualizações no contexto educacional, considerando os aspectos do usuário. Como resultado notou-se que poucos trabalhos fizeram uso de abordagens definidas e validadas pela literatura, e que a maior parte desenvolveu as visualizações baseados apenas em pesquisas **AD-HOC** por trabalhos correlatos. Estas características forneceram indícios de que a comunidade no domínio alvo deste estudo poderia ser beneficiada por um conjunto de recomendações contendo informações sobre a aplicação de visualizações no contexto educacional, agregando aspectos da interação do usuário baseado em experiências e exemplos de uso.

Com base nos artigos retornados pela *string* de busca definida para a RSL foi conduzido um processo de extração de experiências e lições aprendidas por autores que desenvolveram visualizações no contexto educacional e realizaram avaliações com o usuário. Todas as experiências encontradas foram extraídas e categorizadas para dar origem a uma lista de informações baseadas no formato de visualização abordado e uma categorização baseada no tipo de experiência que gerou aquela extração (baseada nos dados ou na percepção do usuário). A lista formulada pelas extrações possuía mais de uma extração para um mesmo formato de visualização, com isto foi necessária uma etapa de consolidação onde as extrações foram organizadas por similaridade e tiveram seus conteúdos agregados dando origem a um parágrafo por formato. Esta formulação foi considerada como a primeira versão das recomendações.

A primeira versão foi submetida a uma validação por três especialistas das áreas de **EDM**, **IHC** e **InfoVis**. Cada especialista recebeu uma cópia da primeira versão e

deveria validar todas as recomendações sobre o ponto de vista do conteúdo e da escrita, cada recomendação deveria receber um parecer entre: aprovado; parcialmente aprovado; ou reprovado. Além das considerações específicas sobre cada recomendação, os especialistas também realizaram comentários gerais sobre todos os aspectos do guia de recomendações. As considerações dos especialistas foram agregadas e geraram um plano para refino das recomendações. A principal alteração realizada foi a construção de um novo formato para suportar as recomendações visto que o formato de parágrafo estava limitando e tornando complexa a interpretação das informações.

Após a definição de um formato organizado por tópicos, as considerações dos especialistas foram aplicadas às extrações realizadas para dar origem a versão final do guia de recomendações. Neste ponto as recomendações possuíam as informações extraídas da literatura acrescidas das experiências dos especialistas neste contexto. O processo de validação e refino resultou em 59 recomendações distribuídas por 15 cenários de uso para formatos distintos de visualização, contando com 24 exemplos de aplicação dos formatos de visualização dentro do cenário educacional. A versão final da proposta foi intitulada de **Vis2Learning**.

O **Vis2Learning** foi avaliado a partir de dois pontos de vista distintos: a visão do professor (representando o público-alvo das visualizações); e a visão do desenvolvedor (público-alvo das recomendações). Como resultado geral notou-se que os professores apresentaram uma tendência em considerar os gráficos desenvolvidos com base no **Vis2Learning** mais **adequados** em relação aos desenvolvidos pelo algoritmo do *Google Sheets*. Contudo, foi percebido que em situações onde o formato de visualização considerado adequado pelas recomendações se tratava de um formato **não-tradicional**, os professores adotaram o formato genérico como correto. Corroborando os pontos levantados pela literatura de que professores preferem a segurança de interagir com um gráfico tradicional para realizar suas análises.

A avaliação com desenvolvedores permitiu agregar a visão dos usuários ao utilizar o **Vis2Learning** para o desenvolvimento. Os resultados do questionário TAM apresentaram bons níveis de aceitação em relação aos aspectos de utilidade e facilidade percebida. Todos os participantes concordaram que as recomendações são úteis (questão **U5**) e permitem flexibilidade (questão **F5**) para o desenvolvimento de visualizações sobre Dados Educacionais. A partir dos comentários dos desenvolvedores notou-se que as recomendações agregaram uma nova visão sobre boas práticas no desenvolvimento de visualizações, além disto elas permitiram que as escolhas de *design* fossem executadas de maneira mais rápida e confiante. Isto ocorreu por conta das recomendações possuírem exemplos de aplicação e informações sobre a estrutura das visualizações em relação a semântica dos dados.

7.1 Contribuições

A execução de todas as etapas definidas na metodologia deste projeto de mestrado permitiu reunir conhecimentos, de forma sistematizada, sobre a construção de visualizações no contexto educacional que encontravam-se dispersos na literatura. Para agregar uma visão geral sobre as contribuições pontuais deste projeto segue uma breve descrição:

Revisão Sistemática da Literatura (RSL): executada com o objetivo de reunir evidências sobre as abordagens utilizadas para inclusão dos aspectos da interação do usuário no desenvolvimento de visualizações, esta RSL forneceu uma visão sobre as abordagens e etapas adotadas no contexto e as referências utilizadas pelos pesquisadores. Os resultados revelaram que os pesquisadores tendem a seguir um processo exploratório semelhante ao pesquisar trabalhos correlatos na literatura para basear suas visualizações em exemplos. A discussão desenvolvida com base nos resultados possibilitou apontar a viabilidade em desenvolver o projeto de mestrado proposto;

Vis2Learning: um guia composto por recomendações para auxiliar o desenvolvedor a construir visualizações sobre Dados Educacionais aplicadas ao contexto de *e-learning*. Sua construção foi baseada na literatura e na experiência de especialistas nas áreas de **EDM**, **IHC** e **InfoVis**. Para cada cenário de aplicação são fornecidos: o formato do gráfico mais adequado; suas características; exemplos de aplicação; e recomendações gerais para trazer melhorias nos dados visualizados através do gráfico.

Avaliações com professores e desenvolvedores: há também a contribuição com a apresentação dos resultados das avaliações realizadas com o **Vis2Learning**. Uma das avaliações apresenta o ponto de vista dos professores em contato com visualizações desenvolvidas baseadas nas recomendações, enquanto a outra avaliação apresenta a visão de desenvolvedores fazendo uso das recomendações para construir visualizações para o cenário educacional.

A metodologia e as etapas definidas para a condução deste projeto de mestrado contribuiu para a publicação e apresentação do artigo *Visualização de informações para acompanhamento de alunos em ambientes de aprendizagem eletrônica* no Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2019) - trilha *Postgraduate Students Experience* (STUDX) (MACEDO; ZAINA, 2019).

7.2 Limitações e trabalhos futuros

Mesmo que os objetivos tenham sido alcançados, existem algumas limitações inerentes ao escopo da proposta e devem ser considerados para realização de trabalhos futuros:

Avaliação com professores: esta avaliação foi realizada com um escopo limitado

visto que os cenários propostos foram elaborados com base nos formatos de visualização disponíveis e não derivaram de situações reais. Além disto, as visualizações foram avaliadas apenas sob o ponto de vista de uma afirmação. Portanto é sugerido como trabalho futuro que as visualizações desenvolvidas com base no **Vis2Learning** sejam aplicadas em cenários reais de uso e que sejam conduzidas avaliações com o usuário para coletar uma percepção mais abrangente sobre as recomendações;

Avaliação com desenvolvedores: apesar dos resultados da avaliação terem sugerido bons níveis de utilidade e facilidade de uso percebidas, deve-se considerar que o escopo do experimento foi limitado a desenvolvedores no ambiente acadêmico lidando com situações cobertas pelo Vis2Learning. Com isto, os resultados podem representar generalização apenas para este contexto. Portanto é sugerido como trabalho futuro que a aplicação deste experimento seja realizado em um ambiente real de desenvolvimento com diferentes cenários de aplicação;

Vis2Learning: as recomendações foram elaboradas com base nas experiências encontradas dentro dos artigos retornados por uma *string* de busca definida. Com isto nota-se que as recomendações propostas não são uma versão definitiva de informações para o desenvolvimento de visualizações no contexto educacional. Contudo o formato desenvolvido favorece a execução de trabalhos futuros para melhorar e ampliar a oferta de recomendações. A proposta final deste trabalho está limitada a um guia composto por recomendações apresentadas na forma de um catálogo interativo desenvolvido no *Google Sheets*. São sugeridos outros dois formatos para evolução das recomendações em trabalhos futuros, sendo eles: a criação de uma versão *web*; e a criação de um catálogo de padrões de *design*. Ambos formatos recomendados tem por objetivo tornar o **Vis2Learning** um projeto colaborativo e aberto à comunidade.

Referências

- ACOSTA, A.; SLOTTA, J. Representations of progress in a learning community curriculum for grade 12 biology. In: . [S.l.: s.n.], 2018. Citado na página 52.
- AKANMU, S. A.; JAMALUDIN, Z. A user-centered design methodology for students' data-focused infovis. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on User Science and Engineering (i-USEr 2014)*. Selangor, Malaysia: IEEE, 2014. p. 115–118. Citado na página 36.
- ALI, L. et al. A qualitative evaluation of evolution of a learning analytics tool. *Computers & Education*, v. 58, n. 1, p. 470 – 489, 2012. ISSN 0360-1315. Citado na página 52.
- ALONSO-FERNANDEZ, C. et al. Systematizing game learning analytics for serious games. In: *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1111–1118. ISSN 2165-9567. Citado na página 52.
- ALVES, N. et al. Investigating the suitability of multi-dimensional data visualization as an instrument for assisting distance learning instructors. *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, v. 7, n. 1, 2018. Citado 6 vezes nas páginas 49, 52, 53, 56, 57 e 60.
- ALVES, N. et al. On the usability of parallel coordinates plots for representing behavioral attributes in lms platforms. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, v. 29, n. 1, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 49, 52 e 53.
- ANGELI, C. et al. Data mining in educational technology classroom research: can it make a contribution? *Computers & Education*, Elsevier, v. 113, p. 226–242, 2017. Citado 4 vezes nas páginas 32, 34, 36 e 47.
- BARBOSA, A. et al. Using learning analytics and visualization techniques to evaluate the structure of higher education curricula. In: *Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2017)*. Recife, PE: RBIE, 2017. p. 1297–1306. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- BARROS, T.; SILVA, I.; GUEDES, L. Modelagem e visualização científica de dados educacionais: estudo de caso sobre o desempenho em componentes curriculares. In: *Anais dos Workshops do VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE 2017)*. Recife, PE: RBIE, 2017. p. 654–663. Citado 5 vezes nas páginas 25, 31, 58, 59 e 101.
- BELE, J. L. et al. Business intelligence in e-learning. In: *2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 369–375. ISSN null. Citado 2 vezes nas páginas 51 e 52.
- BORBA, E. J. d. et al. Captura e visualização da trajetória de aprendizagem do aluno: um mapeamento sistemático. In: *Congreso Internacional de Informática Educativa, Volumen 12: Nuevas Ideas en Informática Educativa*. Chile: Sanchez, J. (Editor), 2016. p. 105–111. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 41.

- BRONNIMANN, J. et al. Applying learning analytics to the scholarship of teaching and learning. *Innovative Higher Education*, Innovative Higher Education, v. 43, n. 353, p. 1–15, 2018. Citado na página 32.
- BROOKS, C. Visualizing lecture capture usage: A learning analytics case study. In: . [S.l.: s.n.], 2013. Citado na página 52.
- BRTKA, E. et al. The data visualization technique in e-learning system. In: *2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 489–492. ISSN 1949-0488. Citado na página 52.
- BUCHINGER, D.; CAVALCANTI, G.; HOUNSELL, M. Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, v. 6, n. 1, p. 108–120, 2014. Citado na página 44.
- CAMPANA, A. O. Metodologia da investigação científica aplicada à área biomédica : 2. investigações na área médica. *Jornal de Pneumologia*, scielo, v. 25, p. 84 – 93, 04 1999. ISSN 0102-3586. Citado na página 39.
- CARD, S.; JACKO, J. A. *Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications, Third Edition*. 3rd. ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Inc., 2012. ISBN 1439829438, 9781439829431. Citado na página 32.
- CARD, S.; MACKINLAY, J. The structure of the information visualization design space. In: *Proceedings of VIZ '97: Visualization Conference, Information Visualization Symposium and Parallel Rendering Symposium*. [S.l.: s.n.], 1997. p. 92–99. Citado 4 vezes nas páginas 47, 49, 52 e 60.
- CARD, S.; MACKINLAY, J.; SHNEIDERMAN, B. *Readings in Information Visualization: Using Vision To Think*. [S.l.]: Academic Press, 1999. ISBN 978-1-55860-533-6. Citado 5 vezes nas páginas 32, 47, 49, 52 e 60.
- CARVALHO, M. J. S.; NEVES, B.; MELO, R. Plataforma cultiveduca. In: *Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016)*. Ubêrlândia, MG: RBIE, 2016. p. 134–141. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 39.
- CHEN, Y. et al. Dropoutseer: Visualizing learning patterns in massive open online courses for dropout reasoning and prediction. In: *2016 IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 111–120. Citado 7 vezes nas páginas 50, 52, 53, 55, 56, 57 e 59.
- CONDE, M. A. et al. Exploring software engineering subjects by using visual learning analytics techniques. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, v. 10, n. 4, p. 242–252, Nov 2015. ISSN 2374-0132. Citado 7 vezes nas páginas 50, 52, 54, 55, 56, 57 e 59.
- COSTA, M. et al. Prisma-mar: An architecture model for data visualization in augmented reality mobile devices. p. 67–75, 01 2013. Citado 2 vezes nas páginas 49 e 52.
- DAI, K. An investigation of chinese postgraduate students' experiences on a data-visualized english writing feedback platform. In: *2016 International Conference on Educational Innovation through Technology (EITT)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 168–173. ISSN null. Citado na página 52.

- DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Q.*, Society for Information Management and The Management Information Systems Research Center, Minneapolis, MN, USA, v. 13, n. 3, p. 319–340, 1989. Citado na página 107.
- DIAS, G. A. et al. Technology acceptance model (tam): avaliando a aceitação tecnológica do open journal systems (ojs). *Informação & Sociedade: Estudos*, v. 21, n. 2, jul. 2011. Citado na página 107.
- DOURADO, R. A. et al. Mapeamento sistemático sobre o uso de visualização de dados para análise processual da aprendizagem em ambientes virtuais. In: *Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2018)*. Fortaleza, Ceara: RBIE, 2018. p. 1563–1572. Citado 4 vezes nas páginas 40, 41, 101 e 102.
- DOWNES, S. E-learning 2.0. *ELearn*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, v. 2005, n. 10, p. 1, out. 2005. Citado na página 31.
- EMMONS, S. R.; LIGHT, R. P.; BORNER, K. Mooc visual analytics: Empowering students, teachers, researchers, and platform developers of massively open online courses. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 68, n. 10, p. 2350–2363, 2017. Citado na página 52.
- ESSA, A.; AYAD, H. Student success system: Risk analytics and data visualization using ensembles of predictive models. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2012. (LAK '12), p. 158–161. ISBN 9781450311113. Citado na página 52.
- FEW, S. *Information Dashboard Design: Displaying Data for At-a-glance Monitoring*. [S.l.]: Analytics Press, 2013. ISBN 9781938377006. Citado 4 vezes nas páginas 47, 48, 52 e 60.
- FILVÀ, D. A. et al. A learning analytics tool with hybrid graphical and textual interpretation generation. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2016. (TEEM '16), p. 327–333. ISBN 9781450347471. Citado na página 52.
- FISHER, R. A. On the interpretation of χ^2 from contingency tables, and the calculation of p . *Journal of the Royal Statistical Society*, [Wiley, Royal Statistical Society], v. 85, n. 1, p. 87–94, 1922. ISSN 09528385. Citado 2 vezes nas páginas 102 e 123.
- FLEISS, J. *Statistical Methods for Rates and Proportions*. [S.l.]: Wiley, 1981. (A Wiley publ.in applied statistics). ISBN 9780471064282. Citado na página 45.
- FRANCE, L. et al. Monitoring virtual classroom: Visualization techniques to observe student activities in an e-learning system. In: *Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 716–720. ISSN 2161-377X. Citado na página 52.
- GAÑÁN, D. et al. A prototype of an elearning platform in support for learning analytics and gamification. In: *2016 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 362–369. ISSN null. Citado na página 52.

- GARCÍA-SOLÓRZANO, D. et al. Educational monitoring tool based on faceted browsing and data portraits. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2012. (LAK '12), p. 170–178. ISBN 9781450311113. Citado 2 vezes nas páginas 52 e 59.
- GARLAND, R. The mid-point on a rating scale: Is it desirable. *Marketing Bulletin*, p. 66–70, 1991. Citado na página 88.
- GAŠEVIĆ, D.; DAWSON, S.; SIEMENS, G. Let's not forget : learning analytics are about learning. *TechTrends*, v. 59, n. 64, p. 64–71, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 25, 26 e 39.
- GÓMEZ-AGUILAR, D. A. et al. Tap into visual analysis of customization of grouping of activities in elearning. *Computers in Human Behavior*, v. 47, p. 60 – 67, 2015. ISSN 0747-5632. Citado na página 52.
- GUIMAR, C. Visualização de informação: introdução e influências de IHC. *Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – IHC 2014*, p. 79–107, 2014. Citado 4 vezes nas páginas 25, 32, 37 e 39.
- HIJÓN-NEIRA, R.; VELÁZQUEZ-ITURBIDE, J. A. How to improve assessment of learning and performance through interactive visualization. In: *2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 472–476. ISSN 2161-377X. Citado 9 vezes nas páginas 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 61 e 63.
- ISO. *ISO 9241-11: Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs): Part 11: Guidance on Usability*. [S.l.]: ISO, 1998. Citado na página 31.
- JOHNS, R. One size doesn't fit all: Selecting response scales for attitude items. *Journal of Elections, Public Opinion and Parties*, Routledge, v. 15, n. 2, p. 237–264, 2005. Citado na página 88.
- JORDÃO VILMA E GONÇALVES, D. e. G. S. Eduvis: Visualizing educational information. In: *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*. Helsinki, Finland: ACM, 2014. (NordiCHI '14), p. 1011–1014. Citado 4 vezes nas páginas 25, 26, 31 e 32.
- KLERKX, J.; VERBERT, K.; DUVAL, E. Learning analytics dashboards. In: LANG, C. et al. (Ed.). *The Handbook of Learning Analytics*. 1. ed. Alberta, Canada: Society for Learning Analytics Research (SoLAR), 2017. p. 143–150. ISBN 978-0-9952408-0-3. Citado 9 vezes nas páginas 47, 48, 49, 52, 53, 55, 56, 57 e 60.
- KOVANOVIĆ, V. et al. Developing a mooc experimentation platform: Insights from a user study. *Distance Education in China*, v. 2017, n. 7, p. 16–25, 7 2017. ISSN 1009-458X. Citado 2 vezes nas páginas 50 e 52.
- LAW, E. L.-C. et al. Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '09)*. Boston, MA, USA: ACM, 2009. p. 719–728. Citado na página 31.
- LEE, S. et al. How do people make sense of unfamiliar visualizations?: A grounded model of novice's information visualization sensemaking. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, v. 22, n. 1, p. 499–508, Jan 2016. ISSN 1077-2626. Citado 5 vezes nas páginas 47, 50, 52, 53 e 60.

LI, H. et al. Using learning analytics to support computer-assisted language learning. In: . [S.l.: s.n.], 2017. Citado na página 52.

LI, X. et al. A smart visual analysis solution for mooc data. In: *2017 IEEE 15th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 15th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 3rd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress(DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 101–106. ISSN null. Citado 2 vezes nas páginas 52 e 59.

LI, X. et al. E-learning with visual analytics. In: *2015 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 125–130. Citado na página 52.

LI, X.; ZHANG, X.; LIU, X. A visual analytics approach for e-learning education. In: *2015 9th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 34–40. ISSN null. Citado na página 52.

LIU, M. et al. Measuring and visualizing students' behavioral engagement in writing activities. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, v. 8, n. 2, p. 215–224, April 2015. ISSN 2372-0050. Citado na página 52.

LIU, S. et al. A survey on information visualization: recent advances and challenges. *Visual Computer*, v. 30, n. 12, p. 1373–1393, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 63.

LUCENA, K. T.; SILVA, J.; OLIVEIRA, E. Webmonitor: uma ferramenta para monitoramento e acompanhamento de cursos em um ava. In: *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015)*. Maceió, Alagoas: RBIE, 2015. p. 249–258. Citado 3 vezes nas páginas 37, 52 e 63.

LUO, H.; ROCCO, S.; SCHAAD, C. Using google analytics to understand online learning: A case study of a graduate-level online course. In: . [S.l.: s.n.], 2015. p. 264–268. Citado na página 52.

MACEDO, M. P.; ZAINA, L. A. M. Visualização de informações para acompanhamento de alunos em ambientes de aprendizagem eletrônica. *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, v. 8, n. 1, p. 1417, 2019. ISSN 2316-8889. Disponível em: <<https://br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/9110>>. Citado na página 127.

MAJUMDAR, R.; IYER, S. isat: a visual learning analytics tool for instructors. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, v. 11, n. 16, 2016. Citado 6 vezes nas páginas 25, 26, 31, 32, 36 e 37.

MALDONADO, R. M. et al. The latux workflow: Designing and deploying awareness tools in technology-enabled learning settings. In: *Proceedings of the Fifth International Conference on Learning Analytics And Knowledge*. New York, NY, USA: ACM, 2015. (LAK '15), p. 1–10. Citado 6 vezes nas páginas 50, 52, 54, 55, 56 e 57.

MAY, M.; GEORGE, S.; PRÉVÔT, P. Travis to enhance online tutoring and learning activities: Real time visualization of students tracking data. *Interact. Techn. Smart Edu.*, v. 8, p. 52–69, 04 2011. Citado na página 52.

MAZZA, R.; DIMITROVA, V. Visualising student tracking data to support instructors in web-based distance education. In: *Proceedings of the 13th International World Wide Web Conference on Alternate Track Papers & Posters*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2004. (WWW Alt. '04), p. 154–161. ISBN 1581139128. Citado 2 vezes nas páginas 48 e 52.

MAZZA, R.; DIMITROVA, V. Coursevis: A graphical student monitoring tool for supporting instructors in web-based distance courses. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 65, n. 2, p. 125 – 139, 2007. ISSN 1071-5819. Citado 2 vezes nas páginas 49 e 52.

MCGRATH, O. G. Visualizing user activity in open e-learning contexts: Challenges and techniques for operational management. In: *Proceedings of the 39th Annual ACM SIGUCCS Conference on User Services*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2011. (SIGUCCS '11), p. 229–234. ISBN 9781450310239. Citado 2 vezes nas páginas 58 e 59.

MEHTA, C.; PATEL, N. Spss exact tests. 01 1996. Citado 2 vezes nas páginas 102 e 123.

MENEZES, D. et al. Modelo de visualização de dados para auxiliar o professor no acompanhamento do desempenho do aluno e aprimoramento do design instrucional com o apoio de learning analytics. In: *Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016)*. Ubêlandia, MG: RBIE, 2016. p. 437–446. Citado 8 vezes nas páginas 25, 26, 32, 36, 38, 51, 52 e 59.

MINOVIĆ, M.; MILOVANOVIĆ, M. Real-time learning analytics in educational games. In: *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (TEEM '13), p. 245–251. ISBN 9781450323451. Citado na página 52.

MISAILIDIS, E.; CHARITOPOULOS, A.; RANGOUSI, M. Visualization of educational data mined from the moodle e-learning platform. In: *Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018. (PCI '18), p. 82–87. ISBN 9781450366106. Citado na página 52.

MOHAMAD, S. K.; TASIR, Z. Educational data mining: a review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Elsevier B.V., v. 97, p. 320–324, 2013. The 9th International Conference on Cognitive Science. Citado 3 vezes nas páginas 36, 46 e 63.

MOISSA, B.; GASPARINI, I.; KEMCZINSKI, A. Educational data mining versus learning analytics: estamos reinventando a roda? um mapeamento sistemático. In: *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015)*. Maceió, Alagoas: RBIE, 2015. p. 1167–1176. Citado 4 vezes nas páginas 25, 31, 40 e 41.

MUNZNER, T. *Visualization analysis and design*. [S.l.]: A K Peters, 2014. (A.K. Peters visualization series). Citado 28 vezes nas páginas 13, 15, 21, 22, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 42, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 82, 83, 84, 85, 86 e 109.

NAKAMURA, S. et al. Cubic gantt chart as visualization tool for learning activity data. In: *Doctoral Student Consortium (DSC) - Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education, ICCE 2015*. [S.l.]: Asia-Pacific Society for Computers in Education, 2015. p. 649–658. Citado na página 52.

NIELSEN, J. *Usability engineering*. [S.l.]: Academic Press, 1993. ISBN 978-0-12-518405-2. Citado na página 31.

NORMAN, D.; NIELSEN, J. *Nielsen Norman Group - The definition of user experience (UX)*. 2018. <<https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>>. Acessado: 01/09/2018. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 39.

NUNES, J. B. C. Estado da arte sobre analítica da aprendizagem na américa latina. In: *Anais dos Workshops do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2015)*. Maceió, Alagoas: RBIE, 2015. p. 1024–1033. Citado 7 vezes nas páginas 25, 26, 32, 36, 38, 39 e 63.

OLIVEIRA, A. P.; MEALHA, O.; SANTOS, C. Visualisation of web based e-learning activity. In: *2010 14th International Conference Information Visualisation*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 219–224. ISSN 1550-6037. Citado 2 vezes nas páginas 58 e 59.

PADILHA, T.; SOUZA, I. Uma experiência do uso de ferramentas de learning analytics para análise de interações. In: *Anais dos Workshops do VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE 2017)*. Recife, PE: RBIE, 2017. p. 644–653. Citado 5 vezes nas páginas 25, 34, 36, 37 e 63.

PAIVA, R. et al. Teachers' perceptions on traditional and non-traditional data visualization for pedagogical decision-making. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, v. 30, n. 1, p. 1741, 2019. ISSN 2316-6533. Citado 2 vezes nas páginas 101 e 102.

PARK, Y.-G.; CHO, Y.-S.; SON, J.-E. Design of a learning analytics dashboard based on digital textbooks and online learning. In: *Workshop Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education*. [S.l.]: Asia-Pacific Society for Computers in Education, 2017. p. 326 – 334. Citado 4 vezes nas páginas 49, 52, 53 e 60.

PESARE, E.; ROSELLI, T.; ROSSANO, V. Visualizing student engagement in e-learning environment. In: . [S.l.: s.n.], 2016. p. 26–33. Citado 2 vezes nas páginas 48 e 52.

PESARE, E. et al. Digitally enhanced assessment in virtual learning environments. *Journal of Visual Languages & Computing*, v. 31, p. 252 – 259, 2015. ISSN 1045-926X. Special Issue on DMS2015. Citado na página 52.

PETERSEN, K. et al. Systematic mapping studies in software engineering. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering - EASE'08*. Swindon, UK: BCS Learning & Development Ltd., 2008. p. 68–77. Citado 4 vezes nas páginas 28, 39, 40 e 41.

REYES, J. A. The skinny on big data in education: learning analytics simplified. *TechTrends*, v. 59, n. 2, p. 75–80, 2015. Citado 7 vezes nas páginas 25, 26, 32, 36, 37, 39 e 63.

RIGO, S. J. et al. Aplicações de mineração de dados educacionais e learning analytics com foco na evasão escolar: oportunidades e desafios. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 22, n. 01, p. 132–146, 2014. Citado 4 vezes nas páginas 25, 36, 37 e 39.

ROMANOWSKA, K. et al. Towards developing an effective algorithm visualization tool for online learning. In: *2018 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence Computing, Advanced Trusted Computing, Scalable Computing Communications, Cloud Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCOM/IOP/SCI)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 2011–2016. Citado 2 vezes nas páginas 58 e 59.

RUIPÉREZ-VALIENTE, J. A. et al. Scaling to massiveness with analyse: A learning analytics tool for open edx. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, PP, p. 1–6, 12 2016. Citado 7 vezes nas páginas 50, 52, 54, 55, 56, 57 e 60.

RUIPÉREZ-VALIENTE, J. A.; MERINO, P. J. M.; KLOOS, C. D. An architecture for extending the learning analytics support in the khan academy framework. In: *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2013. (TEEM '13), p. 277–284. ISBN 9781450323451. Citado na página 52.

RUIPÉREZ-VALIENTE, J. A. et al. Alas-ka: A learning analytics extension for better understanding the learning process in the khan academy platform. *Computers in Human Behavior*, v. 47, p. 139 – 148, 2015. ISSN 0747-5632. Citado 2 vezes nas páginas 52 e 59.

RUIZ, J. S. et al. Towards the development of a learning analytics extension in open edx. In: *Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014. (TEEM '14), p. 299–306. ISBN 9781450328968. Citado na página 52.

RUSU, C. et al. A methodology to establish usability heuristics. In: *The Fourth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2011)*. Guadalupe, França: ACM, 2011. p. 51–59. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.

SALMAN, I.; MISIRLI, A. T.; JURISTO, N. Are students representatives of professionals in software engineering experiments? In: *2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 1, p. 666–676. ISSN 1558-1225. Citado na página 112.

SANTOS, C. H. d. S.; NETO, A. S. *Informática aplicada à educação: algumas reflexões e práticas*. [S.l.]: Editora Ciência Moderna, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 31.

SCHWENDIMANN, B. A. et al. Perceiving learning at a glance: A systematic literature review of learning dashboard research. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, v. 10, n. 1, p. 30–41, Jan 2017. ISSN 1939-1382. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 39.

SEDRAKYAN, G.; MANNENS, E.; VERBERT, K. Guiding the choice of learning dashboard visualizations: Linking dashboard design and data visualization concepts. *Journal of Computer Languages*, v. 50, p. 19 – 38, 2019. ISSN 2590-1184. Citado 3 vezes nas páginas 57, 59 e 66.

SHIMADA, A.; KONOMI, S. A lecture supporting system based on real-time learning analytics. In: . [S.l.: s.n.], 2017. Citado na página 52.

SUN, K. et al. Eduvis: visualization for education knowledge graph based on web data. In: *Proceedings of the 9th International Symposium on Visual Information Communication*

and Interaction - VINCI '16. Dallas, TX, USA: ACM, 2016. p. 138–139. Citado 3 vezes nas páginas 26, 36 e 37.

TAIBI, D. et al. Learning analytics for interpreting. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2: CSEDU*. [S.l.]: SciTePress, 2018. p. 145–154. ISBN 978-989-758-291-2. Citado na página 52.

TERVAKARI, A. M. et al. Usefulness of information visualizations based on educational data. In: *2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Istambul, Turquia: IEEE, 2014. p. 142–151. Citado 6 vezes nas páginas 25, 31, 32, 34, 37 e 63.

TEUSNER, R.; ROLLMANN, K.-A.; RENZ, J. Taking informed action on student activity in moocs. In: *Proceedings of the Fourth (2017) ACM Conference on Learning @ Scale*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017. (L@S '17), p. 149–152. ISBN 9781450344500. Citado 2 vezes nas páginas 50 e 52.

VIEIRA, C.; PARSONS, P.; BYRD, V. Visual learning analytics of educational data: a systematic literature review and research agenda. *Computers & Education*, Elsevier, v. 122, p. 119–135, 2018. Citado 10 vezes nas páginas 13, 25, 31, 36, 38, 40, 63, 64, 101 e 102.

VILLAGRÁ-ARNEDO, C. J. et al. Improving the expressiveness of black-box models for predicting student performance. *Computers in Human Behavior*, v. 72, p. 621 – 631, 2017. ISSN 0747-5632. Citado 3 vezes nas páginas 52, 59 e 66.

WARE, C. *Information Visualization: perception for design*. 3. ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2012. ISBN 9780123814647, 9780123814654. Citado 4 vezes nas páginas 31, 32, 34 e 109.

WOHLIN, C. et al. *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*. USA: Kluwer Academic Publishers, 2000. ISBN 0792386825. Citado 4 vezes nas páginas 87, 89, 105 e 111.

APÊNDICE A – Avaliação com professores: Questionário de avaliação sobre o Vis2Learning aplicado ao grupo **A**

Este questionário de avaliação do Vis2Learning foi aplicado aos participantes com acesso par ao link de participação.

Pesquisa sobre visualização de dados para sistemas de aprendizagem eletrônica

Saudações e muito obrigado por fazer parte desta pesquisa!!

Nossa pesquisa busca desenvolver gráficos voltados a professores e gestores para a visualização de dados educacionais. Neste questionário gostaríamos de coletar a sua opinião sobre alguns gráficos que foram por nós construídos. Queremos saber se eles estão fáceis de ser entendidos e utilizados, para isto contamos com a sua sincera opinião!

Nosso público alvo são: professores (de qualquer área ou grau), gestores educacionais, diretores de escola, estudantes de pedagogia ou profissionais que são envolvidos com a análise de dados educacionais.

Se você se interessou e está dentro do nosso público alvo, clique em "Próxima" para mais detalhes.

***Obrigatório**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Eu, Maylon Pires Macedo, aluno de mestrado do Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba (UFSCar) o convido para participar da pesquisa intitulada "Visualização de informações para acompanhamento de alunos em ambientes de aprendizagem eletrônica", orientado pela Prof^a Dr^a Luciana Zaina.

Com o crescente interesse da comunidade acadêmica na utilização de visualizações para análise dos dados educacionais, este projeto de mestrado se propôs a investigar como as visualizações tem sido construídas para ao final propor um conjunto de recomendações para o desenvolvimento de visualizações baseado no contexto educacional. A proposta deste questionário é coletar a opinião de professores sobre alguns gráficos que foram desenvolvidos durante a pesquisa, para isto serão apresentados quinze gráficos e uma afirmação para cada um deles. Você (respondente) deverá expressar sua relação de concordância com a afirmação através de uma escala de quatro pontos, sendo eles: discordo totalmente, discordo parcialmente, concordo parcialmente e concordo totalmente.

Diante disso, solicitamos o seu consentimento para participação no estudo, em especial quanto a coleta de dados. Para decidir sobre o seu consentimento, é importante que você conheça as seguintes informações sobre a pesquisa:

- Os dados coletados durante o estudo destinam-se estritamente as atividades de cunho acadêmico;
- Os pesquisadores se comprometem em divulgar os resultados da pesquisa para toda a instituição, após a conclusão do trabalho. A divulgação desses resultados pauta-se no respeito à sua privacidade, e o anonimato dos participantes será preservado em quaisquer documentos que elaborarmos;
- O consentimento para qualquer atividade que envolva coleta de dados é uma escolha livre, feita mediante a prestação de todos os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa;
- Qualquer dúvida quanto a elaboração desse estudo é possível contatar os pesquisadores pelo e-mail macedomaylon@gmail.com

1. Declaro que li e entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. *

Marcar apenas uma oval.

Concordo em participar

Não concordo em participar

Pare de preencher este formulário.

Perfil

Nos conte um pouco mais sobre você

2. Qual seu sexo? *

Marcar apenas uma oval.

- Masculino
- Feminino
- Prefiro não dizer

3. Qual sua idade? *

4. Qual seu nível de escolaridade? *

Marcar apenas uma oval.

- Graduação ensino superior incompleto
- Graduação ensino superior completo
- Especialização
- Pós graduação
- Mestrado
- Doutorado
- Titular

5. Em qual nível de ensino você leciona? *

Marcar apenas uma oval.

- Fundamental I
- Fundamental II
- Médio
- Técnico
- Superior
- Não leciono

6. Quanto tempo de experiência você tem lecionando? *

Marcar apenas uma oval.

- menos de 1 ano
- 1 a 3 anos
- 4 a 6 anos
- mais de 6 anos
- Não leciono

7. Selecione seu nível de conhecimento em cada uma dessas tecnologias *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Nunca ouvi falar	Tenho conhecimento teórico	Tenho conhecimento teórico e prático	Tenho profundo conhecimento
Programação de computadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Visualização da Informação (área de pesquisa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de gráficos informativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema com análise/visualização de dados educacionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Qual sua experiência relacionada a elaboração de visualizações em gráficos? *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não utilizo	Utilizei algumas vezes	Utilizo sempre pois é necessário	Utilizo sempre por minha opção
No meu dia a dia (dados particulares, gastos, projetos pessoais)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apresentação de resultados no meu emprego	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

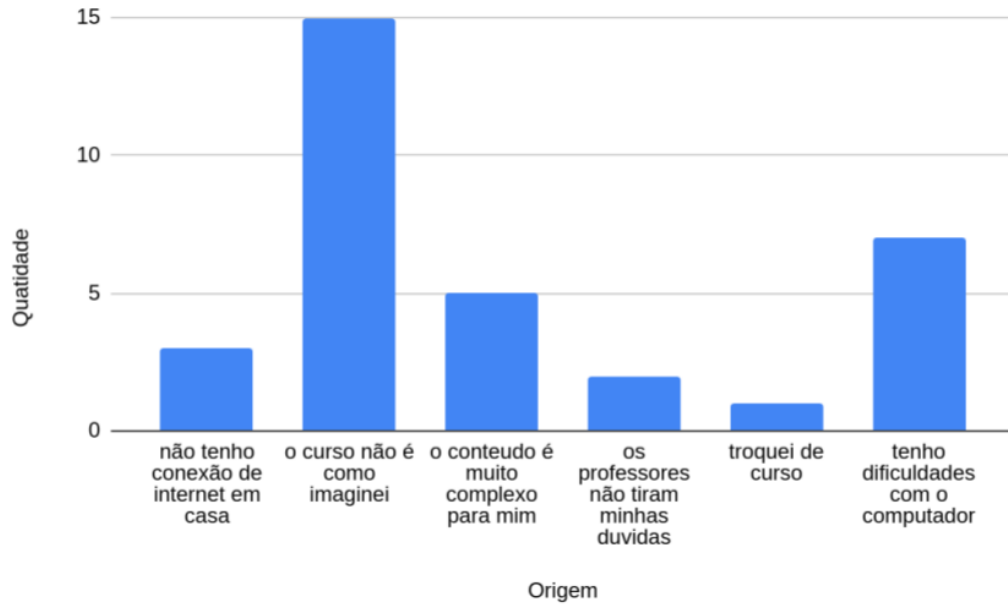
9. Caso use sistemas para geração de gráficos ou para análise de dados educacionais, você poderia citar alguns deles?

10. Caso queira participar de pesquisas futuras relacionadas a este tema, por favor nos informe seu e-mail.

Seu e-mail não será divulgado de maneira alguma, e não será usado para identificação.

Gráficos

Situação: Um professor gostaria de visualizar as proporções das causas de evasão de um curso online para elaborar estratégias de prevenção.

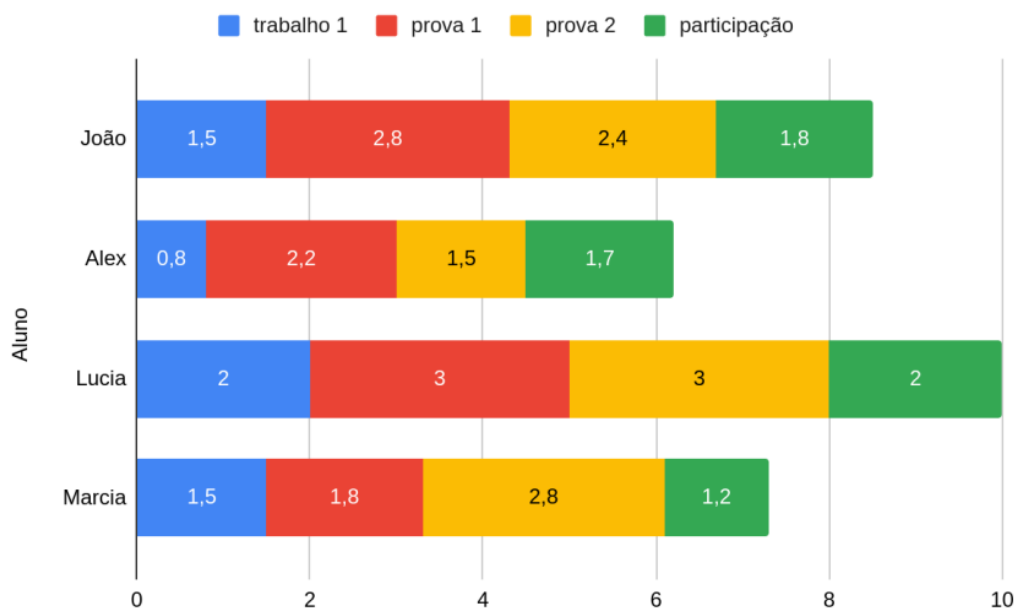


11. É possível afirmar que a proporção de estudantes que tem dificuldades com o computador é claramente observada. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Uma disciplina possui sua média formada por 4 quesitos (Trabalho 1, Prova 1, Prova 2 e Participação), o professor gostaria de observar a composição das notas dos estudantes.

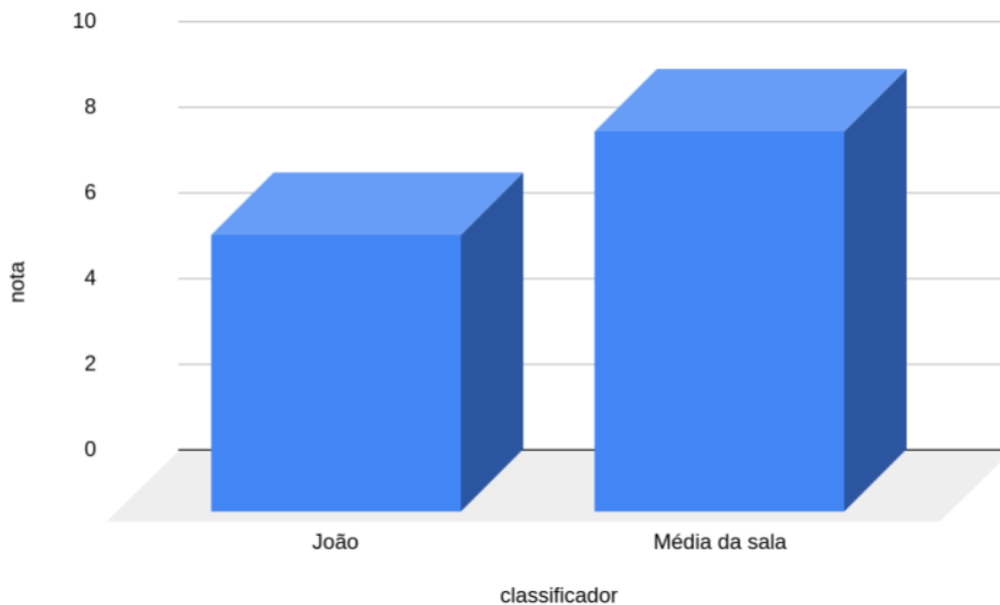


12. É possível determinar com clareza a nota de um estudante em cada atividade. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: O professor deseja mostrar ao estudante o seu desempenho comparado à média da turma para auxiliá-lo na autorregulação dos estudos.

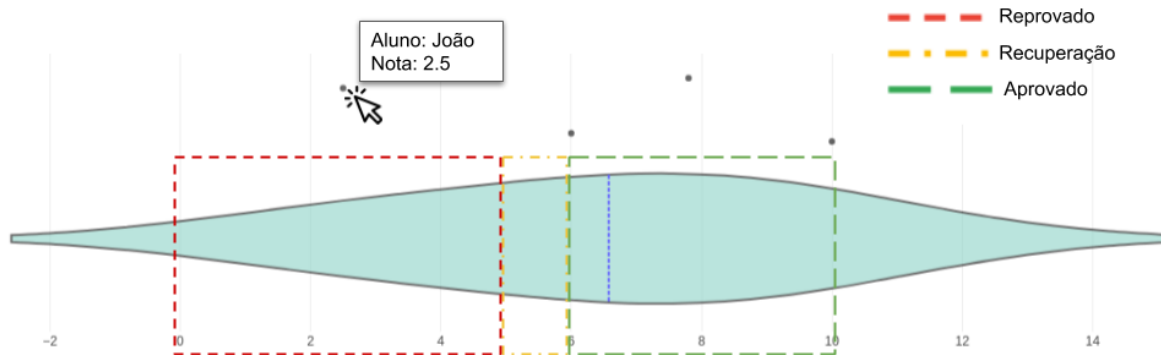


13. É possível observar com clareza a nota do estudante e compará-la com a nota da turma. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor possui um conceito onde estudantes com média abaixo de 5 são automaticamente reprovados, entre 5 e 6 podem fazer recuperação e acima de 6 estão aprovados. Este professor deseja visualizar as estatísticas das notas da turma para verificar a situação.

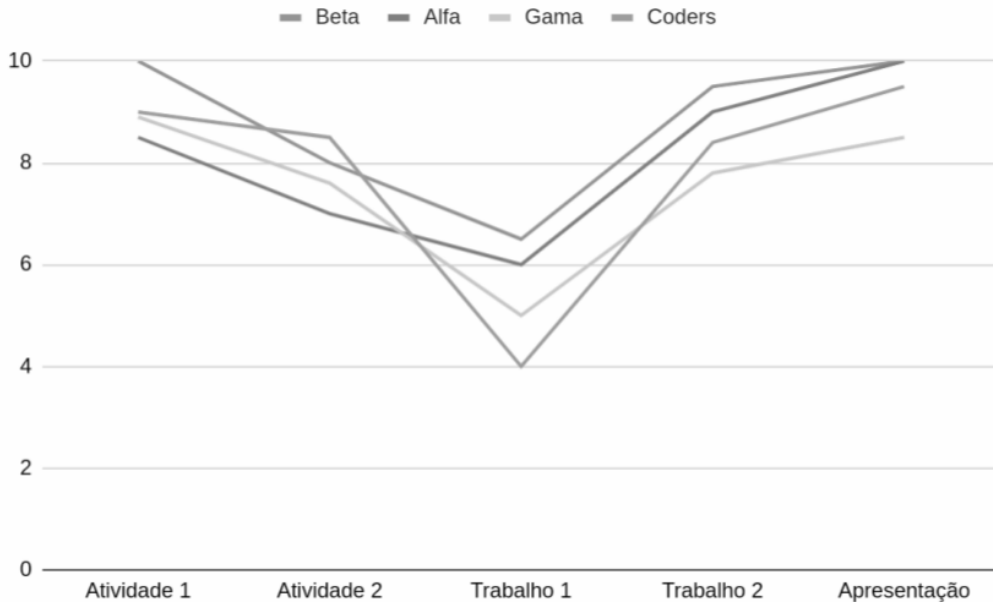


14. É possível observar com clareza o número de estudantes: aprovados, reprovados e em recuperação. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor separou a classe em 4 grupos (Alfa, Beta, Gama e Coders) e deu a eles 5 atividades, todos os grupos deveriam fazer todas as atividades. O professor deseja apresentar a toda turma a comparação das notas de todos os grupos para aplicar um feedback coletivo discutindo se as atividades estavam equilibradas e quais as dificuldades que a turma possui em comum, para isto ele imprimiu (em uma impressora preto e branco) o gráfico e entregou aos estudantes.

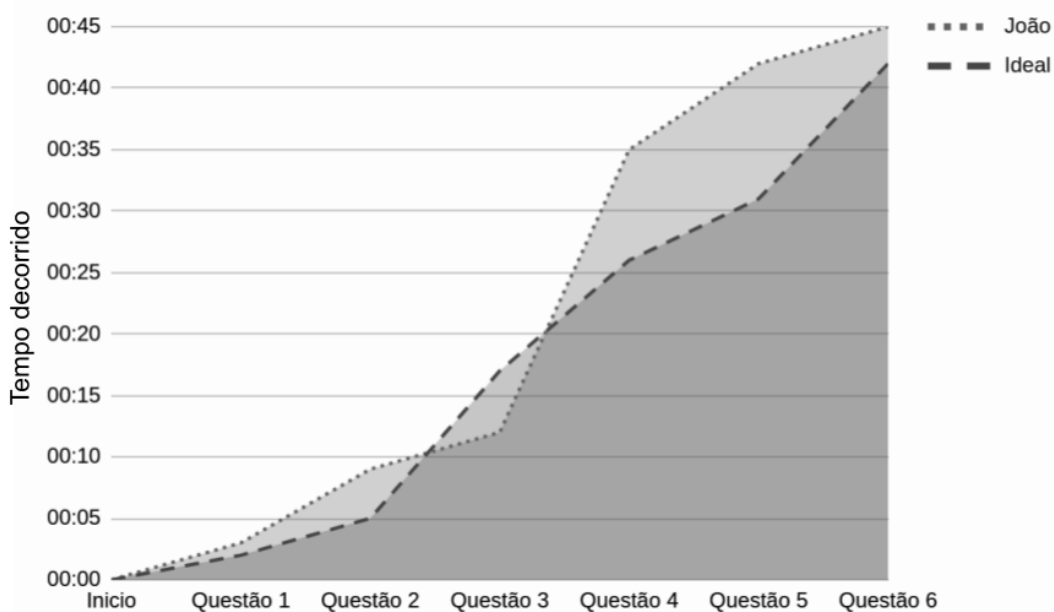


15. É possível observar com clareza as notas de cada grupo. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor aplicou um simulado para uma prova de vestibular e quer apresentar aos estudantes qual foi o consumo de tempo em cada questão comparado a um consumo ideal baseado na dificuldade das questões. Para isto o professor imprimiu os gráficos (em uma impressora preto e branco) e entregou aos estudantes.

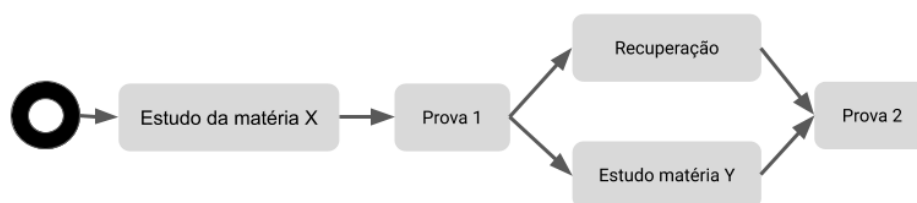


16. É possível determinar o tempo gasto pelo estudante em cada questão e comparar diretamente com o tempo ideal. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor, após terminar a disciplina, deseja analisar como as aulas foram divididas a fim de melhorar a organização para a próxima oferta.



17. É possível observar com clareza as oportunidades de melhoria no desenvolvimento da matéria. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor gostaria de discutir com os estudantes sobre as questões mais acertadas em uma prova.

Ranking	Questão	Qtd de acertos
1ª	4	35
2ª	7	32
3ª	6	30
4ª	1	29
5ª	9	25
6ª	2	20
7ª	5	17
8ª	3	12
9ª	10	5
10ª	8	2

Questão 10
9ª mais acertada
5 alunos acertaram

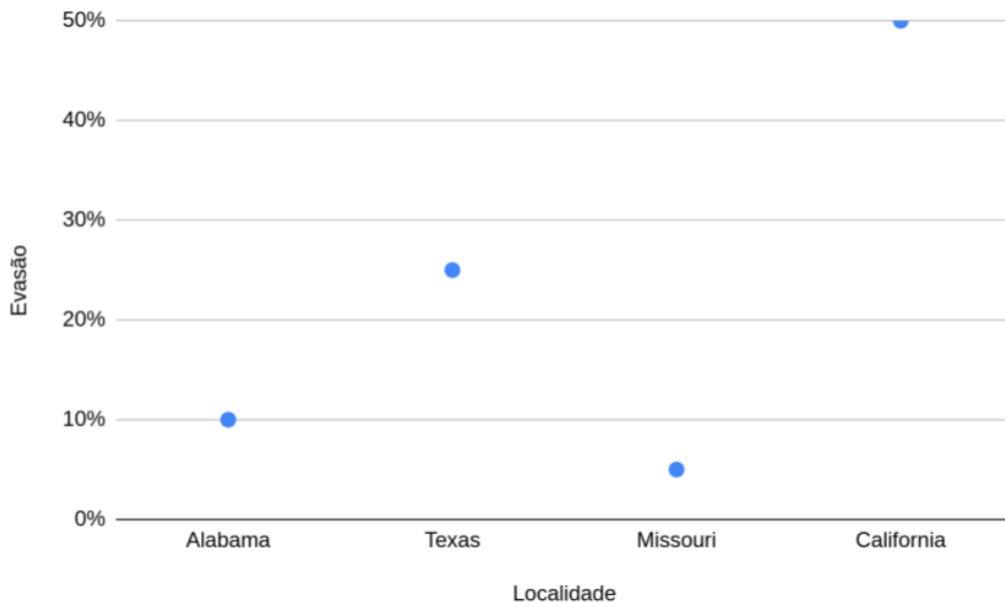
Questão 10
Questão 3
Questão 9
Questão 4
Questão 7
Questão 2
Questão 8
Questão 6
Questão 5
Questão 1

18. Com o gráfico é possível obter um ideia clara das questões mais e menos acertadas. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente Discordo parcialmente Concordo parcialmente Concordo totalmente

Situação: Um professor de um sistema EAD quer visualizar as taxas de evasão por estados do País para identificar possíveis estratégias de redução da evasão.



19. É possível observar com clareza os estados que possuem a maior e a menor taxa de evasão. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente Discordo parcialmente Concordo parcialmente Concordo totalmente

Situação: Um professor aplicou os mesmos trabalhos e tarefas para um grupo de estudantes e gostaria de visualizar se houve alguma dificuldade em comum.

Prova 1	10	7,2	9,5	8
Prova 2	6,5	8,8	7,5	9
Trabalho 1	10	8,4	9,8	7,8
Trabalho 2	4	6	5,5	3
Trabalho 3	8	9,4	8,8	7,5

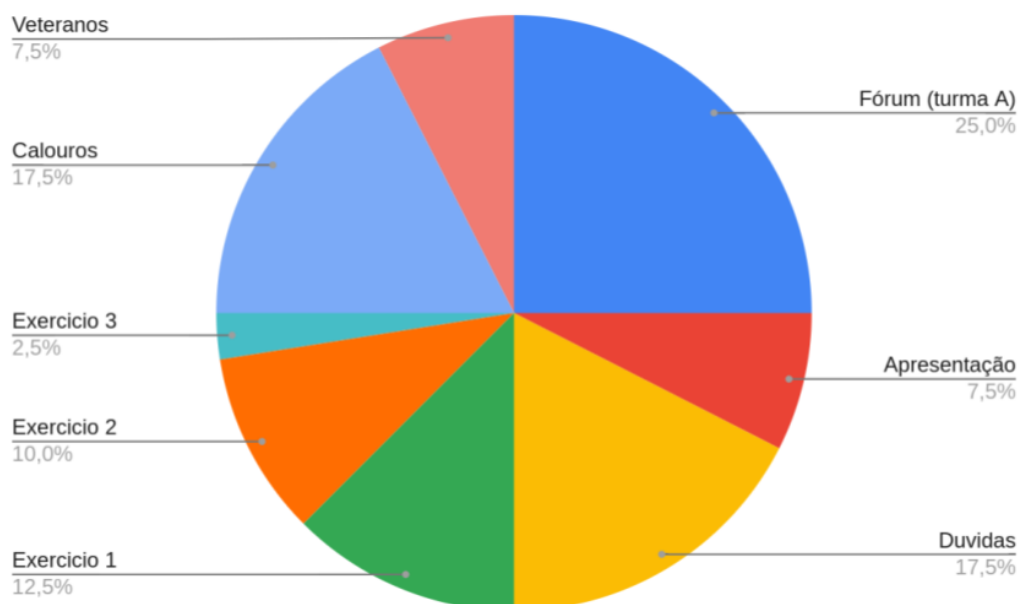
João
Alex
Lucia
Marcia

20. É possível observar os padrões entre as notas dos estudantes com clareza. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor gostaria de analisar a utilização do fórum por parte dos estudantes para verificar se existe algum tópico que deveria ser melhor discutido na próxima aula.

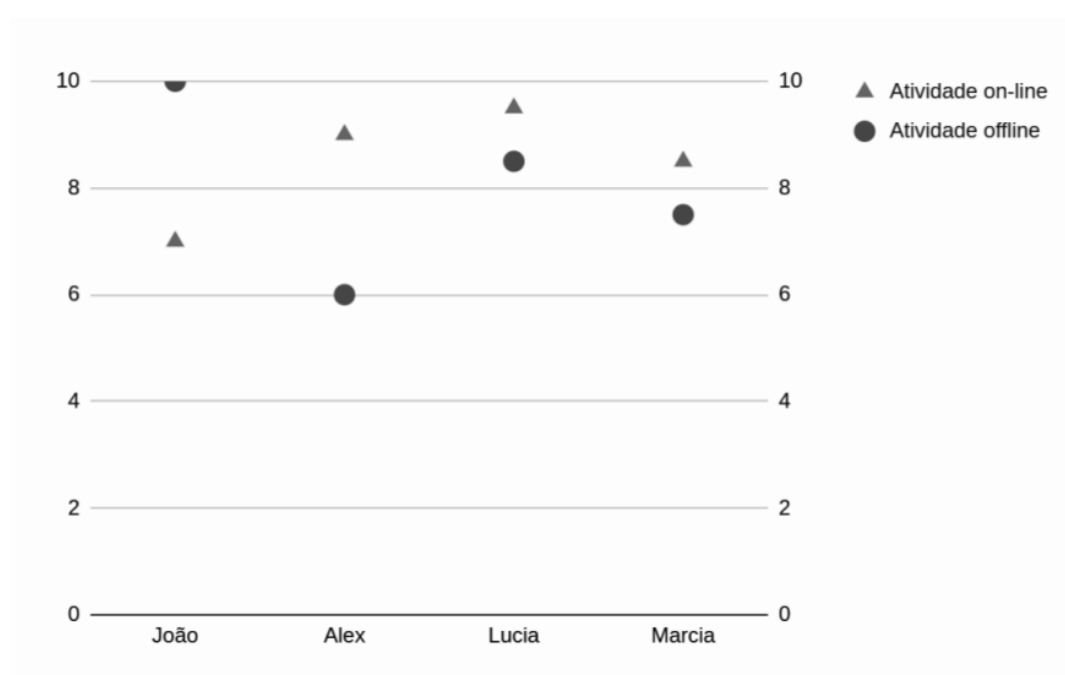


21. É possível determinar com clareza o volume de mensagens publicadas em cada tópico disponível no fórum. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor aplicou duas atividades muito semelhantes, porém uma foi aplicada online e outra em papel. Agora o professor quer discutir com os estudantes as diferenças entre os resultados, para isto o professor imprimiu os gráficos (em uma impressora preto e branco) e entregou para a turma.

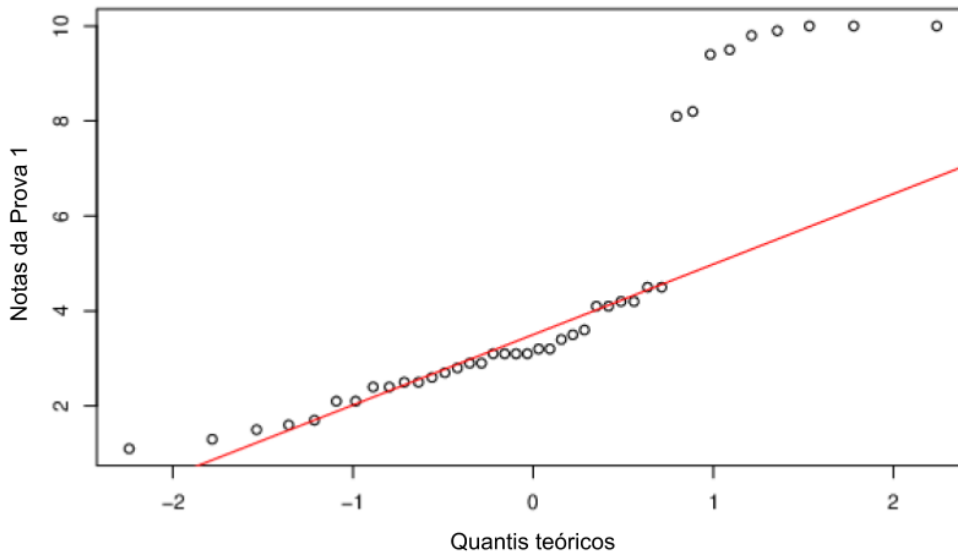


22. É possível identificar de maneira clara a qual grupo de dados cada ponto pertence. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

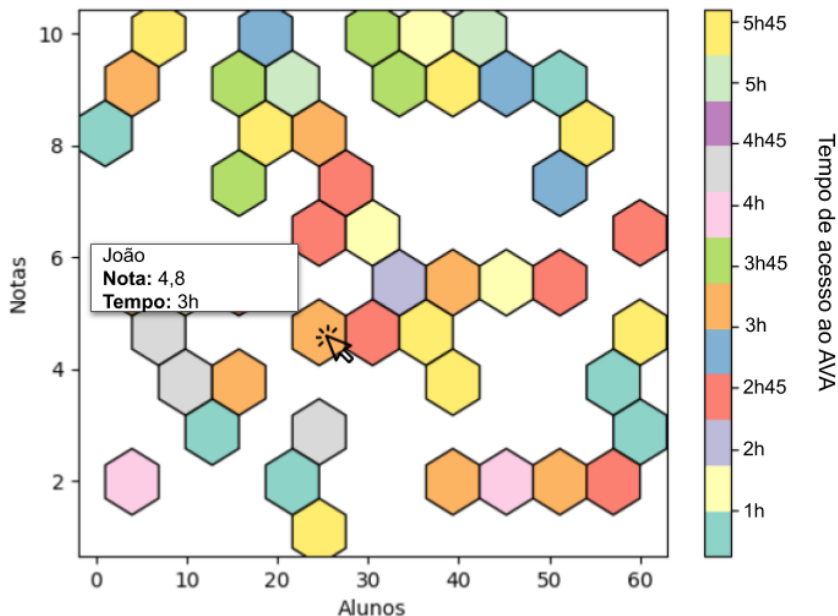
Situação: Após a aplicação da Prova 1 os estudantes se queixaram do nível de dificuldade das questões, então o professor decidiu avaliar a situação.



23. É possível observar com clareza o número de: aprovados, reprovados e em recuperação. *
 Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente Discordo parcialmente Concordo parcialmente Concordo totalmente

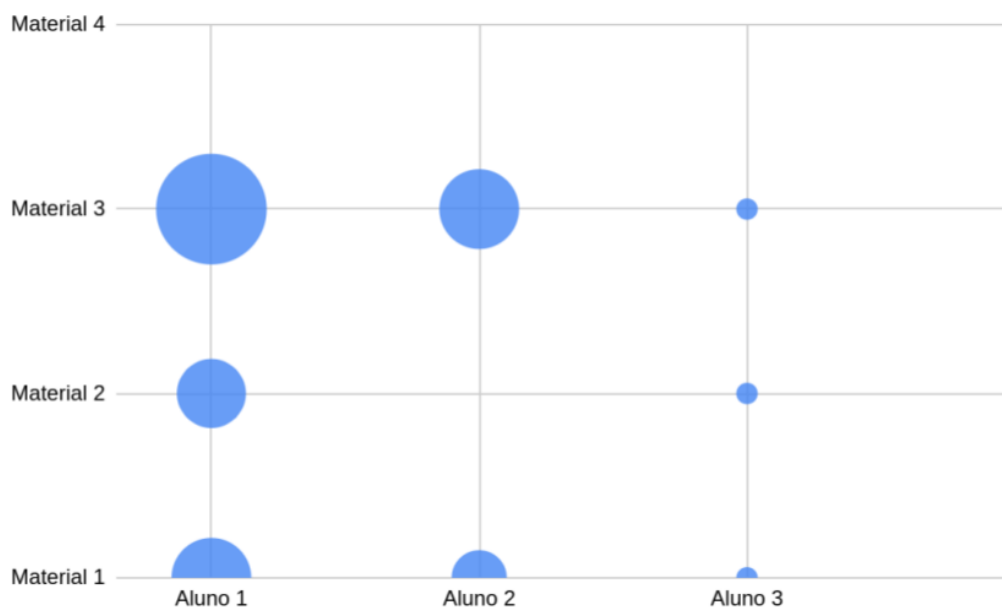
Situação: Um professor tem uma turma online de 50 estudantes, ele gostaria de visualizar as notas associado ao tempo de duração da sessão no AVA.



24. É possível observar com clareza a relação entre as notas e o tempo investido no AVA. *
 Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente Discordo parcialmente Concordo parcialmente Concordo totalmente

Situação: O professor quer analisar os dados do ambiente EAD para direcionar melhor os modelos de atividade que serão propostos, para isto ele gostaria de visualizar a média de acessos semanais dos estudantes aos materiais disponibilizados.



25. **É possível observar com clareza a quantidade de acesso aos materiais. ***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. **Gostaria de deixar uma opinião sobre a nossa pesquisa? sinta-se livre para tecer comentários aqui**

Não se esqueça de clicar no botão "enviar" ao fim do formulário!!

APÊNDICE B – Avaliação com professores: Questionário de avaliação sobre o Vis2Learning aplicado ao grupo **B**

Este questionário de avaliação do Vis2Learning foi aplicado aos participantes com acesso impar ao link de participação.

Pesquisa sobre visualização de dados para sistemas de aprendizagem eletrônica

Saudações e muito obrigado por fazer parte desta pesquisa!!

Nossa pesquisa busca desenvolver gráficos voltados a professores e gestores para a visualização de dados educacionais. Neste questionário gostaríamos de coletar a sua opinião sobre alguns gráficos que foram por nós construídos. Queremos saber se eles estão fáceis de ser entendidos e utilizados, para isto contamos com a sua sincera opinião!

Nosso público alvo são: professores (de qualquer área ou grau), gestores educacionais, diretores de escola, estudantes de pedagogia ou profissionais que são envolvidos com a análise de dados educacionais.

Se você se interessou e está dentro do nosso público alvo, clique em "Próxima" para mais detalhes.

***Obrigatório**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Eu, Maylon Pires Macedo, aluno de mestrado do Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba (UFSCar) o convido para participar da pesquisa intitulada "Visualização de informações para acompanhamento de alunos em ambientes de aprendizagem eletrônica", orientado pela Prof^a Dr^a Luciana Zaina.

Com o crescente interesse da comunidade acadêmica na utilização de visualizações para análise dos dados educacionais, este projeto de mestrado se propôs a investigar como as visualizações tem sido construídas para ao final propor um conjunto de recomendações para o desenvolvimento de visualizações baseado no contexto educacional. A proposta deste questionário é coletar a opinião de professores sobre alguns gráficos que foram desenvolvidos durante a pesquisa, para isto serão apresentados quinze gráficos e uma afirmação para cada um deles. Você (respondente) deverá expressar sua relação de concordância com a afirmação através de uma escala de quatro pontos, sendo eles: discordo totalmente, discordo parcialmente, concordo parcialmente e concordo totalmente.

Diante disso, solicitamos o seu consentimento para participação no estudo, em especial quanto a coleta de dados. Para decidir sobre o seu consentimento, é importante que você conheça as seguintes informações sobre a pesquisa:

- Os dados coletados durante o estudo destinam-se estritamente as atividades de cunho acadêmico;
- Os pesquisadores se comprometem em divulgar os resultados da pesquisa para toda a instituição, após a conclusão do trabalho. A divulgação desses resultados pauta-se no respeito à sua privacidade, e o anonimato dos participantes será preservado em quaisquer documentos que elaborarmos;
- O consentimento para qualquer atividade que envolva coleta de dados é uma escolha livre, feita mediante a prestação de todos os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa;
- Qualquer dúvida quanto a elaboração desse estudo é possível contatar os pesquisadores pelo e-mail macedomaylon@gmail.com

1. Declaro que li e entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. *

Marcar apenas uma oval.

Concordo em participar

Não concordo em participar

Pare de preencher este formulário.

Perfil

Nos conte um pouco mais sobre você

2. Qual seu sexo? *

Marcar apenas uma oval.

- Masculino
- Feminino
- Prefiro não dizer

3. Qual sua idade? *

4. Qual seu nível de escolaridade? *

Marcar apenas uma oval.

- Graduação ensino superior incompleto
- Graduação ensino superior completo
- Especialização
- Pós graduação
- Mestrado
- Doutorado
- Titular

5. Em qual nível de ensino você leciona? *

Marcar apenas uma oval.

- Fundamental I
- Fundamental II
- Médio
- Técnico
- Superior
- Não leciono

6. Quanto tempo de experiência você tem lecionando? *

Marcar apenas uma oval.

- menos de 1 ano
- 1 a 3 anos
- 4 a 6 anos
- mais de 6 anos
- Não leciono

7. Selecione seu nível de conhecimento em cada uma dessas tecnologias *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Nunca ouvi falar	Tenho conhecimento teórico	Tenho conhecimento teórico e prático	Tenho profundo conhecimento
Programação de computadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Visualização da Informação (área de pesquisa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de gráficos informativos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema com análise/visualização de dados educacionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Qual sua experiência relacionada a elaboração de visualizações em gráficos? *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não utilizo	Utilizei algumas vezes	Utilizo sempre pois é necessário	Utilizo sempre por minha opção
No meu dia a dia (dados particulares, gastos, projetos pessoais)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apresentação de resultados no meu emprego	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

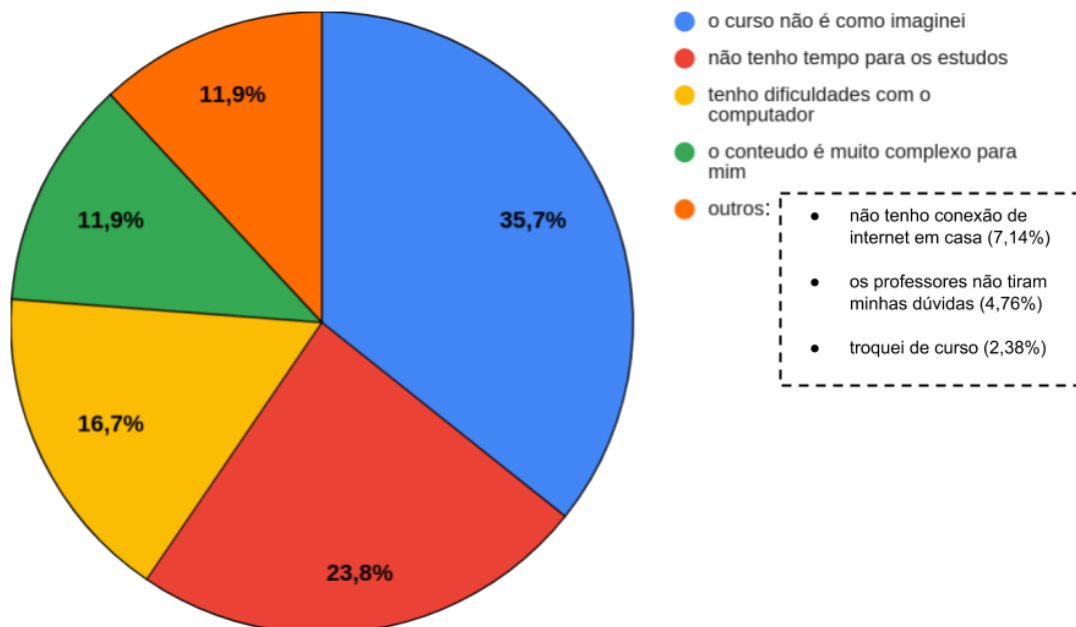
9. Caso use sistemas para geração de gráficos ou para análise de dados educacionais, você poderia citar alguns deles?

10. Caso queira participar de pesquisas futuras relacionadas a este tema, por favor nos informe seu e-mail.

Seu e-mail não será divulgado de maneira alguma, e não será usado para identificação.

Gráficos

Situação: Um professor gostaria de visualizar as proporções das causas de evasão de um curso online para elaborar estratégias de prevenção.

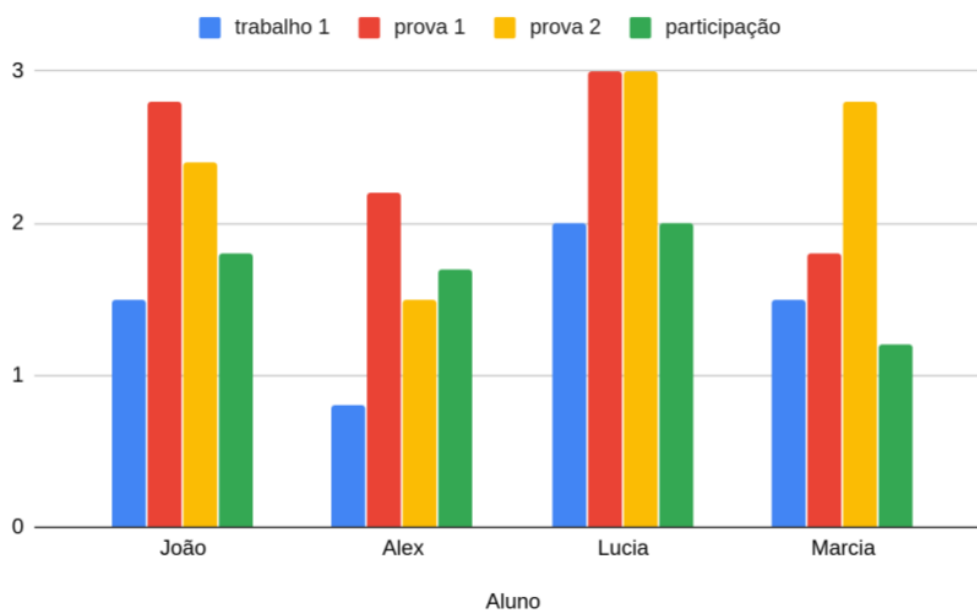


11. É possível afirmar que a proporção de estudantes que tem dificuldades com o computador é claramente observada. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Uma disciplina possui sua média formada por 4 quesitos (Trabalho 1, Prova 1, Prova 2 e Participação), o professor gostaria de observar a composição das notas dos estudantes.

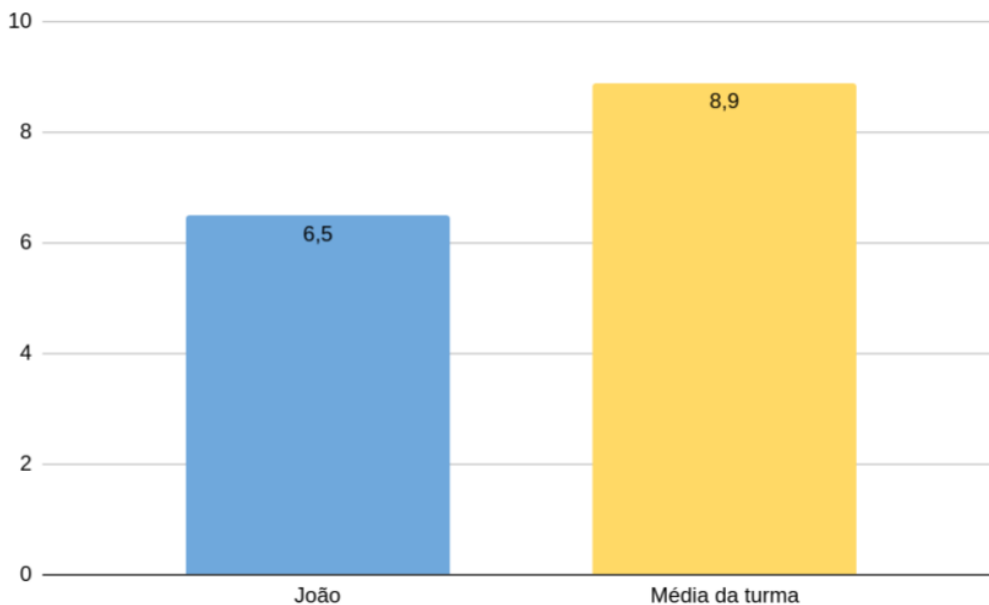


12. É possível determinar com clareza a nota de um estudante em cada atividade. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: O professor deseja mostrar ao estudante o seu desempenho comparado à média da turma para auxiliá-lo na autorregulagem dos estudos.

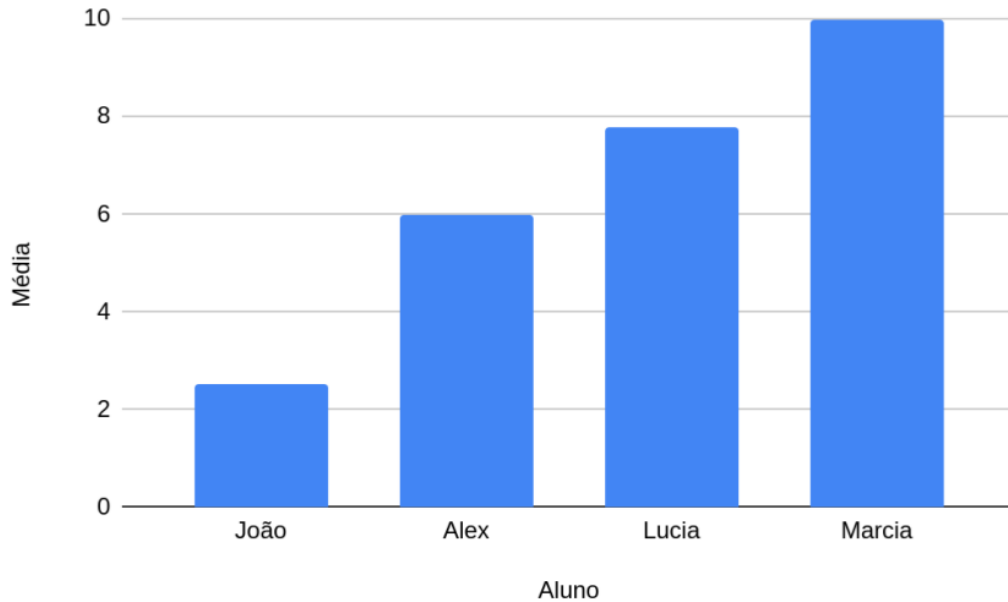


13. É possível observar com clareza a nota do estudante e compará-la com a nota da turma. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor possui um conceito onde estudantes com média abaixo de 5 são automaticamente reprovados, entre 5 e 6 podem fazer recuperação e acima de 6 estão aprovados. Este professor deseja visualizar as estatísticas das notas da turma para verificar a situação.

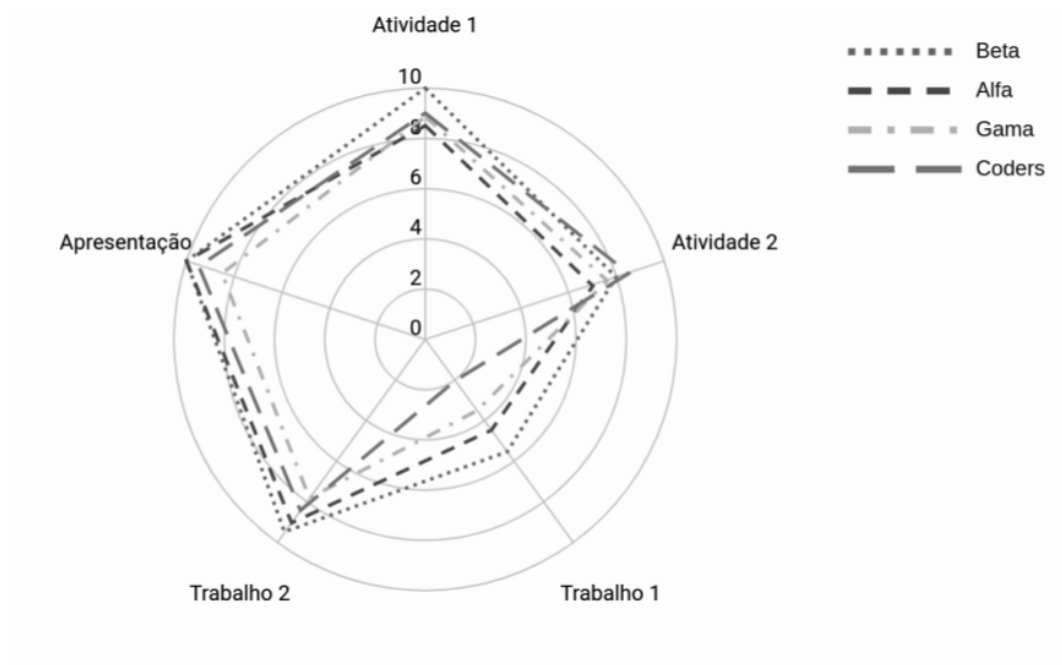


14. É possível observar com clareza o número de estudantes: aprovados, reprovados e em recuperação. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor separou a classe em 4 grupos (Alfa, Beta, Gama e Coders) e deu a eles 5 atividades, todos os grupos deveriam fazer todas as atividades. O professor deseja apresentar a toda turma a comparação das notas de todos os grupos para aplicar um feedback coletivo discutindo se as atividades estavam equilibradas e quais as dificuldades que a turma possui em comum, para isto ele imprimiu (em uma impressora preto e branco) o gráfico e entregou aos estudantes.

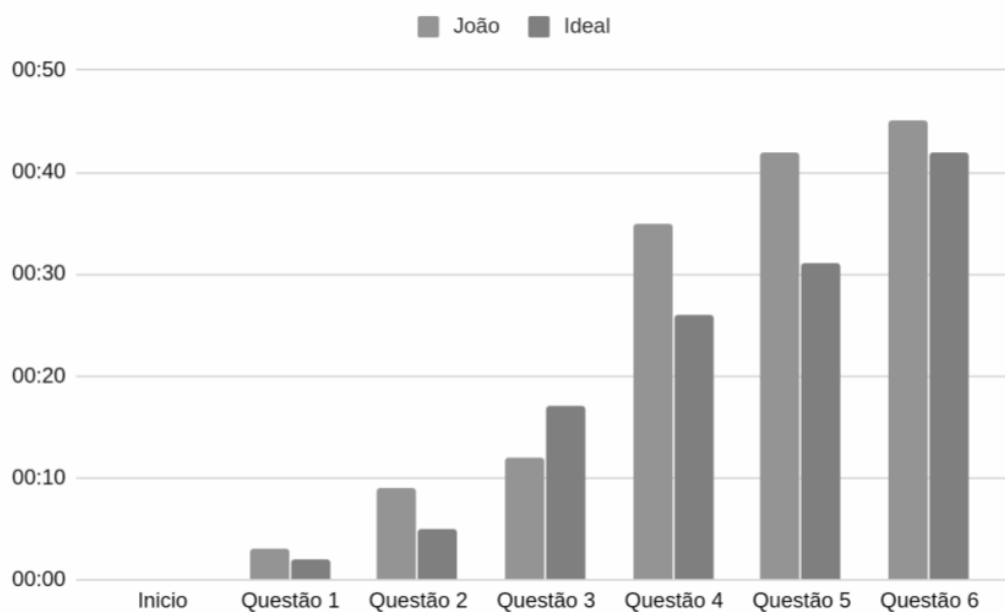


15. É possível observar com clareza as notas de cada grupo. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor aplicou um simulado para uma prova de vestibular e quer apresentar aos estudantes qual foi o consumo de tempo em cada questão comparado a um consumo ideal baseado na dificuldade das questões. Para isto o professor imprimiu os gráficos (em uma impressora preto e branco) e entregou aos estudantes.

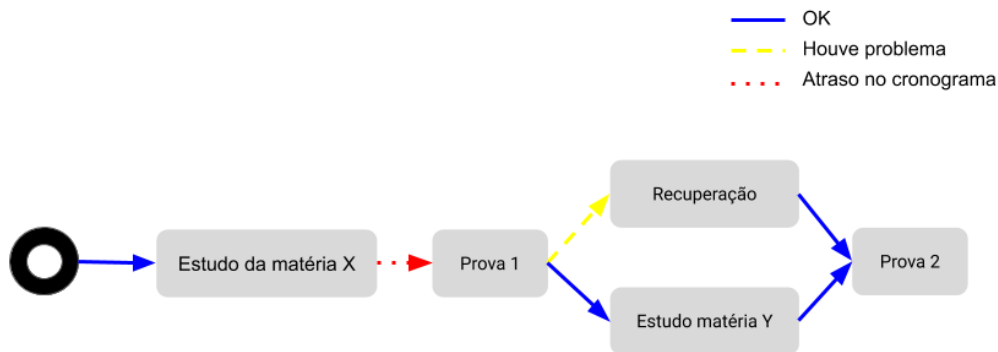


16. É possível determinar o tempo gasto pelo estudante em cada questão e comparar diretamente com o tempo ideal. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor, após terminar a disciplina, deseja analisar como as aulas foram divididas a fim de melhorar a organização para a próxima oferta.



17. É possível observar com clareza as oportunidades de melhoria no desenvolvimento da matéria. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor gostaria de discutir com os estudantes sobre as questões mais acertadas em uma prova.

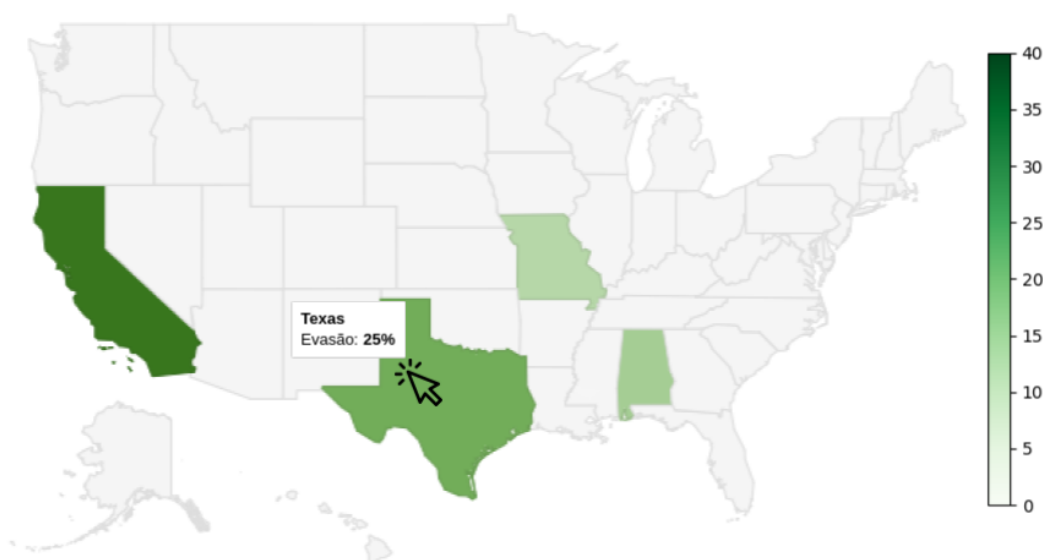
Questão 4

Questão 10
Questão 3
Questão 9
Questão 2
Questão 8
Questão 7
Questão 6
Questão 5
Questão 1

18. Com o gráfico é possível obter um ideia clara das questões mais e menos acertadas. *
Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

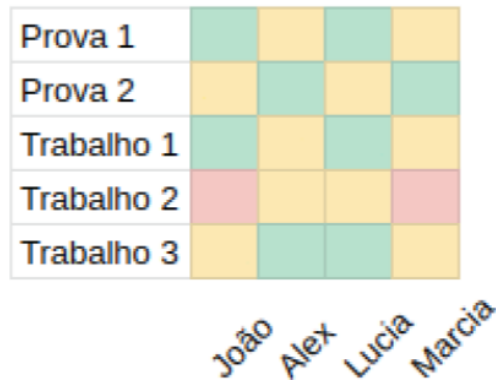
Situação: Um professor de um sistema EAD quer visualizar as taxas de evasão por estados do País para identificar possíveis estratégias de redução da evasão.



19. É possível observar com clareza os estados que possuem a maior e a menor taxa de evasão. *
Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor aplicou os mesmos trabalhos e tarefas para um grupo de estudantes e gostaria de visualizar se houve alguma dificuldade em comum.

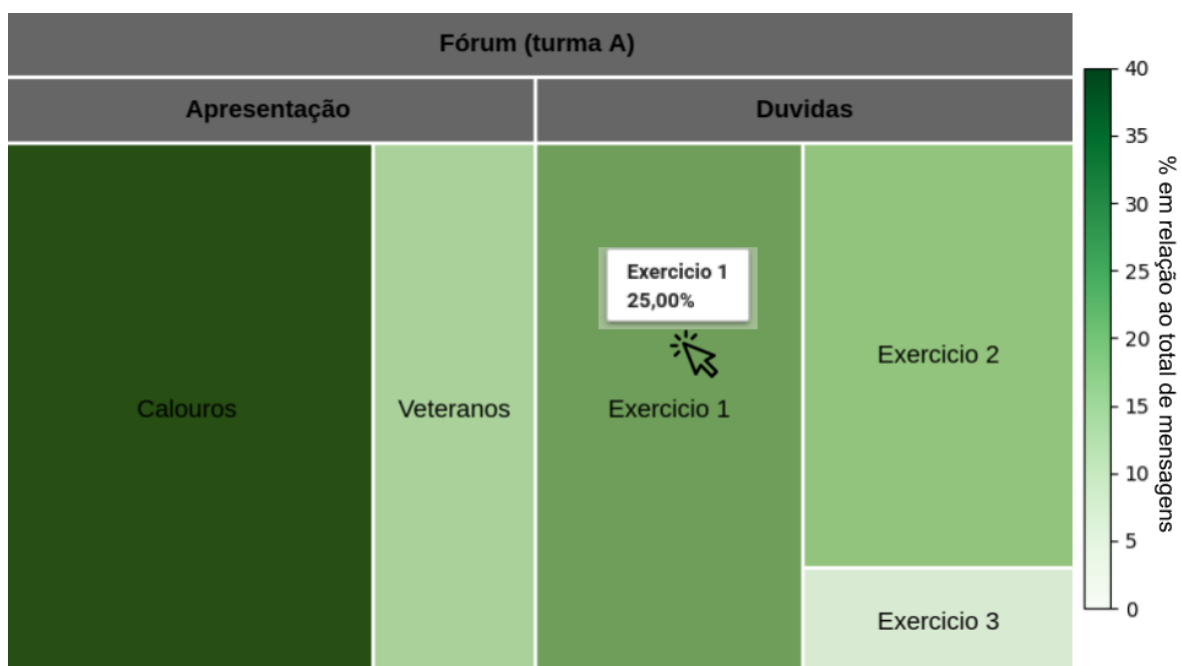


20. É possível observar os padrões entre as notas dos estudantes com clareza. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor gostaria de analisar a utilização do fórum por parte dos estudantes para verificar se existe algum tópico que deveria ser melhor discutido na próxima aula.

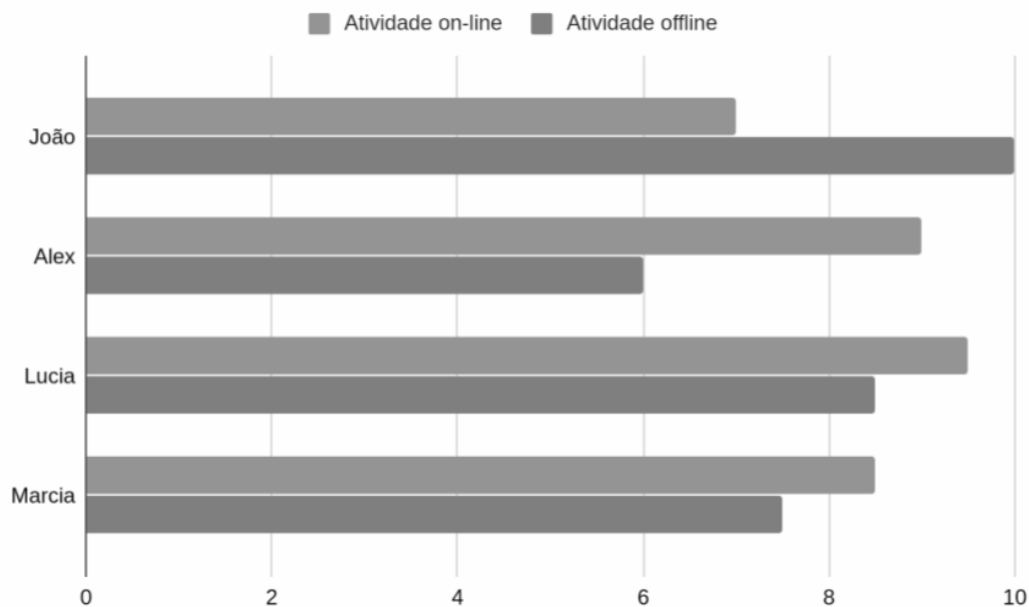


21. É possível determinar com clareza o volume de mensagens publicadas em cada tópico disponível no fórum. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: Um professor aplicou duas atividades muito semelhantes, porém uma foi aplicada online e outra em papel. Agora o professor quer discutir com os estudantes as diferenças entre os resultados, para isto o professor imprimiu os gráficos (em uma impressora preto e branco) e entregou para a turma.

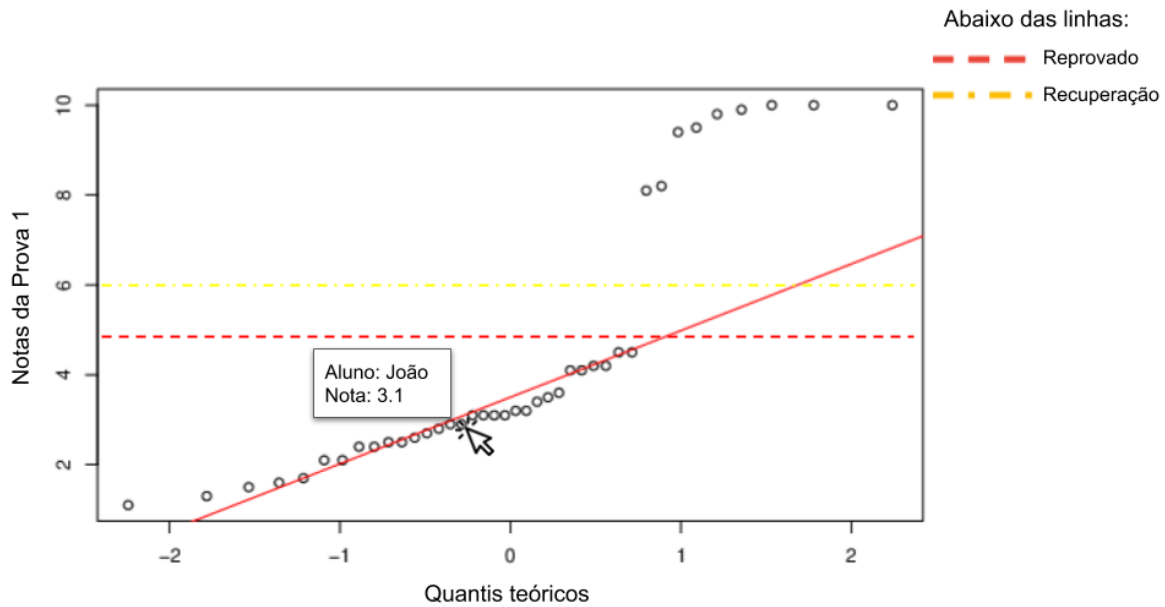


22. É possível identificar de maneira clara a qual grupo de dados cada ponto pertence. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

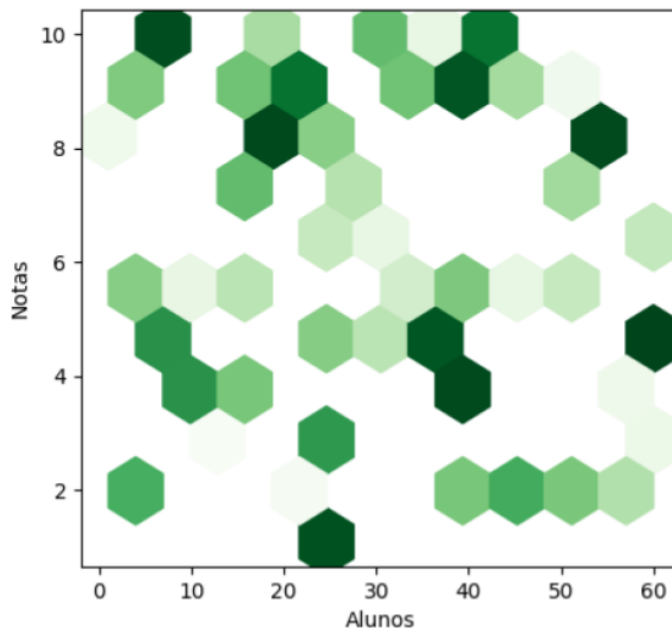
Situação: Após a aplicação da Prova 1 os estudantes se queixaram do nível de dificuldade das questões, então o professor decidiu avaliar a situação.



23. É possível observar com clareza o número de: aprovados, reprovados e em recuperação. *
 Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

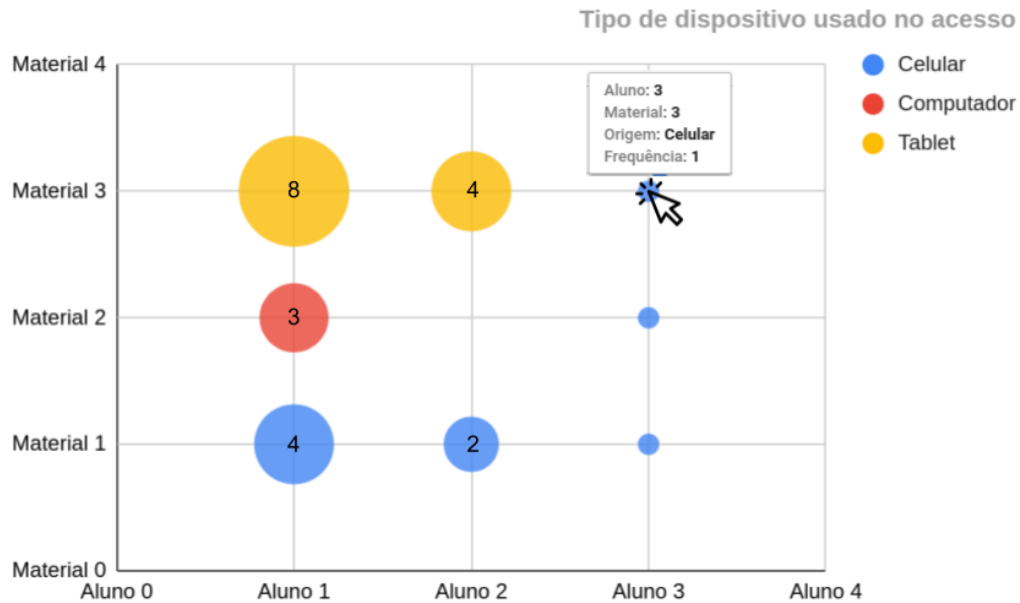
Situação: Um professor tem uma turma online de 50 estudantes, ele gostaria de visualizar as notas associado ao tempo de duração da sessão no AVA.



24. É possível observar com clareza a relação entre as notas e o tempo investido no AVA. *
 Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Situação: O professor quer analisar os dados do ambiente EAD para direcionar melhor os modelos de atividade que serão propostos, para isto ele gostaria de visualizar a média de acessos semanais dos estudantes aos materiais disponibilizados.



25. É possível observar com clareza a quantidade de acesso aos materiais. *

Marcar apenas uma oval por linha.

Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. Gostaria de deixar uma opinião sobre a nossa pesquisa? sinta-se livre para tecer comentários aqui

Não se esqueça de clicar no botão "enviar" ao fim do formulário!!

APÊNDICE C – Avaliação com desenvolvedores: Conjunto de instruções para o grupo **A**

Este conjunto de instruções foi fornecido ao grupo **A** dos participantes da avaliação descrita na [Capítulo 6](#).

Estudo de caso sobre Visualização da Informação

Grupo A

Instruções gerais:

- A entrega é **individual**, **1 arquivo** de texto editável (doc ou txt) por aluno!, via *Classroom*;
- Sendo do **Grupo A** você **DEVE** utilizar o conjunto de recomendações para construção de visualizações disponível no link: [Catálogo de Recomendações](#);
- **Depois de olhar as recomendações, caso tenha necessidade**, pode consultar a internet para buscar informações sobre desenvolvimento de gráficos, porém será necessário informar no arquivo de resposta os links acessados e os motivos da utilização;
- Para construção dos gráficos os **dados base** devem ser respeitados e **não** podem ser **alterados**;
- Todo desenvolvimento será realizado na ferramenta:
<https://live.amcharts.com/new/>;
- O nome do arquivo deve ser o **CPF** do aluno, sem pontos ou traços;
- O arquivo de resposta deve seguir este [MODELO](#);
- Deve conter as seguintes informações (de maneira bem organizada):
 - Nome completo (para atribuição de nota);
 - Referente ao gráfico 1:
 - Código **JavaScript** gerado pela ferramenta;
 - Referências:
 - Recomendação utilizada;
 - Links utilizados + breve explicação da necessidade dessa utilização.
 - Dificuldades encontradas no desenvolvimento do **gráfico 1**.
 - Referente ao gráfico 2:
 - Código **JavaScript** gerado pela ferramenta;
 - Referências:
 - Recomendação utilizada;
 - Links utilizados + breve explicação da necessidade dessa utilização.
 - Dificuldades encontradas no desenvolvimento do **gráfico 2**.
 - Comentários:
 - Os comentários são opcionais e podem ser críticas ou sugestões gerais em relação ao assunto abordado no estudo de caso.
- Após terminar o trabalho você **DEVE** responder ao questionário (é rápido) disponível no link: [Questionário de Feedback](#).

Cenários:

Gráfico 1: Uma disciplina possui sua média formada por 4 quesitos (Trabalho 1, Prova 1, Prova 2 e Apresentação), o professor gostaria de observar a composição das notas dos alunos.

Dados: [gr1.csv](#)

Obs: Trabalho 1 e Apresentação nota máxima é 2, Prova 1 e 2 nota máxima 3.

Gráfico 2: Um professor aplicou um simulado para uma prova de vestibular e quer apresentar a seus alunos, individualmente, qual foi o consumo de tempo em cada questão comparado a um consumo ideal baseado na dificuldade das questões. O professor irá imprimir os gráficos em uma impressora preto e branco e entregar a seus alunos.

Dados: [gr2.csv](#)

Obs: O tempo está em minutos e significa o momento em que o aluno terminou a questão. Ex: Questão 3: 12 => o aluno **terminou** a terceira questão 12min após o início do teste.

APÊNDICE D – Avaliação com desenvolvedores: Conjunto de instruções para o grupo **B**

Este conjunto de instruções foi fornecido ao grupo **B** dos participantes da avaliação descrita na [Capítulo 6](#).

Estudo de caso sobre Visualização da Informação

Grupo B

Instruções gerais:

- A entrega é **individual**, **1 arquivo** de texto editável (doc ou txt) por aluno!, via *Classroom*;
- Pode consultar a internet para buscar informações sobre desenvolvimento de gráficos, porém será necessário informar os links acessados e os motivos da utilização;
- Para construção dos gráficos os **dados base** devem ser respeitados e **não** podem ser **alterados**;
- Todo desenvolvimento será realizado na ferramenta:
<https://live.amcharts.com/new>;
- O nome do arquivo deve ser o **CPF** do aluno, sem pontos ou traços;
- O arquivo de resposta deve seguir este [MODELO](#);
- Deve conter as seguintes informações (de maneira bem organizada):
 - Nome completo (para atribuição de nota);
 - Referente ao gráfico 1:
 - Código **JavaScript** gerado pela ferramenta;
 - Referências:
 - Links utilizados como referência + breve explicação da necessidade dessa utilização.
 - Dificuldades encontradas no desenvolvimento do **gráfico 1**.
 - Referente ao gráfico 2:
 - Código **JavaScript** gerado pela ferramenta;
 - Referências:
 - Links utilizados como referência + breve explicação da necessidade dessa utilização.
 - Dificuldades encontradas no desenvolvimento do **gráfico 2**.
 - Comentários:
 - Os comentários são opcionais e podem ser críticas ou sugestões gerais em relação ao assunto abordado no estudo de caso.

Cenários:

Gráfico 1: Uma disciplina possui sua média formada por 4 quesitos (Trabalho 1, Prova 1, Prova 2 e Apresentação), o professor gostaria de observar a composição das notas dos alunos.

Dados: [gr1.csv](#)

Obs: Trabalho 1 e Apresentação nota máxima é 2, Prova 1 e 2 nota máxima 3.

Gráfico 2: Um professor aplicou um simulado para uma prova de vestibular e quer apresentar a seus alunos, individualmente, qual foi o consumo de tempo em cada questão comparado a um consumo ideal baseado na dificuldade das questões. O professor irá imprimir os gráficos em uma impressora preto e branco e entregar a seus alunos.

Dados: [gr2.csv](#)

Obs: O tempo está em minutos e significa o momento em que o aluno terminou a questão. Ex: Questão 3: 12 => o aluno **terminou** a terceira questão 12min após o início do teste.

APÊNDICE E – Pasta dos apêndices no *Google Drive*

Todos os artefatos construídos em virtude desta pesquisa, e mencionados durante o texto, estão disponíveis em uma pasta no *Google Drive*. Cada documento presente na pasta possui uma citação acompanhada de seu *link* no decorrer do texto. A pasta completa pode ser acessada mediante o *link*: <https://drive.google.com/open?id=1gOcwliIHb_IWx7ELSrAE70AOvWx6aQUY>