Impacto do uso de infográficos como materiais de aprendizagem e suas correlações com satisfação, estilos de aprendizagem e complexidade visual

Kamila Takayama Lyra

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Kamila Takayama Lyra

Impacto do uso de infográficos como materiais de aprendizagem e suas correlações com satisfação, estilos de aprendizagem e complexidade visual

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional. *VERSÃO REVISADA*

Área de Concentração: Ciências de Computação e Matemática Computacional

Orientador: Prof. Dr. Seiji Isotani

USP – São Carlos
Junho de 2017

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L992i Lyra, Kamila Takayama
Impacto do uso de infográficos como materiais
de aprendizagem e suas correlações com satisfação,
estilos de aprendizagem e complexidade visual /
Kamila Takayama Lyra; orientador Seiji Isotani. -
São Carlos - SP, 2017.
167 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Ciências de Computação e Matemática Computacional)
- Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação,
Universidade de São Paulo, 2017.

1. Infográficos. 2. Visualização de Informação.
3. Estilos de Aprendizagem. 4. Satisfação.
5. Classificação de Infográficos. I. Isotani, Seiji,
orient. II. Título.

Kamila Takayama Lyra

**Impact of using infographics as learning materials and their
correlations with satisfaction, learning styles and visual
complexity**

Master dissertation submitted to the Instituto de
Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-
USP, in partial fulfillment of the requirements for the
degree of the Master Program in Computer Science
and Computational Mathematics. *FINAL VERSION*

Concentration Area: Computer Science and
Computational Mathematics

Advisor: Prof. Dr. Seiji Isotani

**USP – São Carlos
June 2017**

RESUMO

LYRA, K. T. **Impacto do uso de infográficos como materiais de aprendizagem e suas correlações com satisfação, estilos de aprendizagem e complexidade visual.** 2017. 167 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2017.

O crescente uso de ambientes virtuais de aprendizagem faz com que os professores e desenvolvedores precisem avaliar qual o melhor formato de visualização a ser utilizado. Infográfico é tipo de visualização de informação que vem ganhando popularidade no contexto educacional. Ele utiliza figuras, gráficos e curtas explicações textuais associados à elementos de *design*, para transformar informações complexas em visualizações simples. No entanto, poucos trabalhos empíricos investigam a interferência do formato infográfico no processo de aprendizagem e consideram a influência dos estados afetivos (em particular a satisfação) e a preferência (i.e. estilo de aprendizagem) do aluno na sua capacidade de reter informação quando o material apresentado é o infográfico. Esse trabalho de mestrado tem como objetivo investigar os benefícios educacionais do uso de infográficos como material de aprendizagem comparando-os com materiais tradicionais, texto puro e gráfico+texto. Também visa analisar a influência de outras variáveis experimentais no processo de aprendizagem como complexidade do infográfico, satisfação e estilo de aprendizagem. Para isso, foi executado um experimento com 74 alunos de graduação distribuídos entre três formatos de materiais de aprendizagem (i.e. infográficos, gráficos+texto e texto puro) em uma sessão de aprendizagem individual suportada por computador. Os sujeitos foram avaliados quanto à aprendizagem imediata, retenção e perda de conhecimento, satisfação, estilos de aprendizagem e tempo. Os resultados obtidos sugerem que os infográficos são tão bons para a aprendizagem e retenção de conhecimento quanto os materiais tradicionais. Não foram encontradas evidências de que os estilos de aprendizagem visual ou verbal têm impacto na aprendizagem ou na satisfação dos alunos. Além disso, foram encontrados indícios de que satisfações positivas podem resultar em uma maior retenção de conhecimento. Para analisar a variável complexidade, foi proposto um *framework* para classificação dos infográficos. Pode-se concluir que, de fato, infográficos classificados como de baixa complexidade proporcionam maior aprendizagem. No entanto, o aprendizado por meio dos infográficos de complexidade alta não foi significativamente menor. É possível atribuir essa queda não significativa à natureza explicativa dos infográficos, capaz de estabilizar o aprendizado do aluno a partir de um determinado nível de complexidade, mesmo que a complexidade aumente.

Palavras-chave: Infográficos, Visualização de Informação, Estilos de Aprendizagem, Satisfação, Classificação de Infográficos.

ABSTRACT

LYRA, K. T. **Impact of using infographics as learning materials and their correlations with satisfaction, learning styles and visual complexity**. 2017. 167 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2017.

The increasing use of virtual learning environments lead teachers and developers to assess what is the best visualization format to use. Infographic is an information visualization format that has gained the educational context. It uses figures, graphs, and short textual explanations associated with design elements, to transform complex information into simple display. However, few empirical studies investigate the interference of the infographic format in the learning process and consider the influence of affective states (in particular enjoyment) and preference (i.e., learning styles) in students information retention when using infographics. This master's dissertation aims at investigating the educational benefits of using infographics as learning material and comparing them to traditional materials, pure text and graphic+text. In addition, it aims at analysing the influence of other experimental variables such as infographics complexity, students satisfaction and learning style. For this, an experiment was carried out with 74 undergraduate students distributed among three formats of learning materials (i.e., infographics, graphics+text and pure text) in a computer-supported individual learning session. Subjects were evaluated about immediate learning, retention and loss of knowledge, satisfaction, learning styles and time. The results suggest that infographics are as good for learning and retention as traditional materials. There is no evidence that visual or verbal learning styles impact on student learning or enjoyment. In addition, evidence has been found that positive satisfactions may result in greater retention of information. To analyze the infographics complexity, a framework was proposed to classify infographics. It can be concluded that, in fact, infographics classified as low complexity provide greater results for learning. However, learning through infographics of high complexity was not significantly smaller. It is possible to assign this non-significant decay to the infographics explanatory nature, capable of steadying the student's learning from a certain level of complexity.

Keywords: Infographics, Information Visualization, Learning Styles, Enjoyment, Infographics Classification.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de Infográfico	29
Figura 2 – Exemplo de figuras não consideradas Infográficos	30
Figura 3 – Formato texto puro para o infográfico "A água que você não vê"	45
Figura 4 – Formato gráfico+texto para o infográfico "A água que você não vê"	46
Figura 5 – Hierarquia de camadas em uma visualização	48
Figura 6 – Exemplo de mapeamento entre atributos e informações	49
Figura 7 – Exemplo de análise da complexidade visual para o infográfico "A água que você não vê"	50
Figura 8 – <i>N-ILS</i> no sistema online de experimentação	57
Figura 9 – Tela de exibição do resultado do <i>N-ILS</i>	57
Figura 10 – Escalas de prazer, alerta e dominância na ferramenta SAM	59
Figura 11 – SAM exibido no sistema de experimentação online	59
Figura 12 – Tela de validação de login na Fase B	61
Figura 13 – Fluxo de atividades no Módulo A - Pré-teste	62
Figura 14 – Tela exibindo o resultado do teste <i>N-ILS</i> e a descrição dos estilos	63
Figura 15 – Fluxo de atividades no Módulo B - Intervenção e Pós-teste	64
Figura 16 – Fluxo de atividades no Módulo C - Teste de Retenção	64
Figura 17 – Medidas de aprendizado entre os grupos infográfico e gráfico+texto	77
Figura 18 – Média de satisfação no decorrer da Fase B, por grupo	87
Figura 19 – Média de satisfação no decorrer da Fase B para alunos visuais por grupo	89
Figura 20 – Média de satisfação no decorrer da Fase B para alunos verbais por grupo	90
Figura 21 – Relação linear entre as variáveis Tempo e Acertos na Fase A, para o grupo gráfico+texto	91
Figura 22 – Relação linear entre as variáveis Acertos na Fase A e Aprendizado Imediato, para o grupo gráfico+texto	92
Figura 23 – Relação linear entre as variáveis Acertos na Fase A e Retenção, para o grupo gráfico+texto	93
Figura 24 – Estilos de Aprendizagem identificados por Soloman e Felder (2005)	163

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Infográficos selecionados	45
Tabela 2 – Valor de complexidade para atributos das unidades visuais	49
Tabela 3 – Pontuação de complexidade visual para o infográfico “A água que você não vê”	51
Tabela 4 – Exemplo de valores quantitativos para complexidade conceitual	53
Tabela 5 – Exemplo de complexidade conceitual para o infográfico “A água que você não vê”	54
Tabela 6 – Escopo do experimento	68
Tabela 7 – Variáveis do experimento	70
Tabela 8 – Número médio de questões corretas por grupo	78
Tabela 9 – Média de satisfação entre os grupos	78
Tabela 10 – Número médio de questões corretas por grupo	79
Tabela 11 – Caracterização dos sujeitos quantidade de alunos visuais e verbais por material	82
Tabela 12 – Número de acertos e medidas de aprendizado por material de aprendizagem	83
Tabela 13 – Número de acertos e medidas de aprendizado por complexidade do Infográfico	84
Tabela 14 – Tempo de visualização e de resposta por material de aprendizagem	85
Tabela 15 – Eficiência por material de aprendizagem	86
Tabela 16 – Número de acertos e medidas de aprendizado por Estilos de Aprendizagem .	87
Tabela 17 – Satisfação por material de aprendizagem e por Estilo de Aprendizagem . . .	88
Tabela 18 – Correlações entre as variáveis para o grupo Infográficos	90
Tabela 19 – Correlações entre as variáveis para o grupo Gráfico+Texto	92
Tabela 20 – Correlações entre as variáveis para o grupo Texto	94
Tabela 21 – Correlações entre as variáveis para o grupo de alunos visuais e verbais que utilizaram infográficos	95
Tabela 22 – Correlações entre as variáveis para o grupo de alunos visuais e verbais que utilizaram gráfico+texto	95
Tabela 23 – Correlações entre as variáveis para o grupo de alunos visuais e verbais que utilizaram texto	96
Tabela 24 – Teste ANOVA para as medidas de aprendizagem considerando os grupos . .	98
Tabela 25 – Teste ANOVA para as medidas de aprendizagem considerando a complexi- dade dos infográficos	99
Tabela 26 – Teste de Múltiplas Comparações para as medidas de aprendizagem conside- rando a complexidade dos infográficos	100

Tabela 27 – Teste ANOVA para as medidas de aprendizagem entre os grupos de alunos visuais	102
Tabela 28 – Teste ANOVA para as medidas de aprendizagem entre os grupos de alunos verbais	103
Tabela 29 – Teste ANOVA para as medidas de satisfação entre os grupos	103
Tabela 30 – Teste ANOVA para as medidas de tempo entre os grupos	104
Tabela 31 – Tempo por material de aprendizagem e por Estilo de Aprendizagem	105
Tabela 32 – Teste ANOVA para as medidas de tempo entre os grupos considerando o estilo visual	105
Tabela 33 – Teste ANOVA para as medidas de tempo entre os grupos considerando o estilo verbal	105
Tabela 34 – Teste ANOVA para as medidas de satisfação entre os grupos considerando o estilo visual	106
Tabela 35 – Teste ANOVA para as medidas de satisfação entre os grupos considerando o estilo verbal	106
Tabela 36 – Teste ANOVA para as medidas de tempo entre as complexidades dos infográ- ficos	107
Tabela 37 – Teste de Múltiplas Comparações para as medidas de tempo entre as comple- xidades dos infográficos	107
Tabela 38 – Resumo das respostas às questões de pesquisa	113
Tabela 39 – Descrição dos perfis de aprendizagem	164

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contexto	15
1.2	Motivação	17
1.3	Objetivos	18
1.4	Organização do trabalho	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS	21
2.1	Visualização da Informação (VI) e a Aprendizagem	21
2.1.1	<i>Teoria da Carga Cognitiva e a Teoria da Aprendizagem Multimídia</i>	23
2.2	Infográficos	27
2.2.1	<i>Infográficos na Educação</i>	29
2.3	Satisfação no processo de Ensino-Aprendizagem	34
2.4	Estilos de Aprendizagem	37
2.4.1	<i>Vertente favorável a Estilos de Aprendizagem</i>	37
2.4.2	<i>Vertente contrária a Estilos de Aprendizagem</i>	40
2.5	Considerações Finais	42
3	INSTRUMENTAÇÃO	43
3.1	Seleção dos Materiais de Aprendizagem	43
3.1.1	<i>Conversão dos Infográficos</i>	44
3.1.2	<i>Framework para Classificação da Complexidade dos Infográficos</i> . .	47
3.2	Questionários de Conhecimento	54
3.3	Questionário para Estilo de Aprendizagem	55
3.4	Escala de Autodeclaração de Prazer	56
3.5	Plataforma Online de Experimentação	60
3.5.1	<i>Módulo A - Pré-teste</i>	61
3.5.2	<i>Módulo B - Intervenção e Pós-teste</i>	62
3.5.3	<i>Módulo C - Teste de Retenção</i>	64
3.6	Considerações Finais	64
4	EXPERIMENTO	67
4.1	Planejamento	67
4.1.1	<i>Escopo e Contexto</i>	68
4.1.2	<i>Seleção de Variáveis</i>	69

4.1.3	<i>Seleção dos Sujeitos</i>	71
4.1.4	<i>Formulação das hipóteses</i>	71
4.2	Design Experimental	74
4.3	Piloto	75
4.3.1	<i>Lições Aprendidas</i>	79
4.4	Execução do Experimento	81
4.4.1	<i>Análise e Discussão dos Resultados</i>	81
4.4.1.1	<i>Estatística Descritiva</i>	82
4.4.1.2	<i>Correlações entre as variáveis</i>	88
4.4.1.3	<i>Testes de Hipóteses</i>	96
4.4.2	<i>Ameaças à validade</i>	108
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
5.1	Conclusões	111
5.2	Contribuições e Publicações	112
5.3	Limitações e Trabalhos Futuros	115
REFERÊNCIAS		117
APÊNDICE A QUESTIONÁRIOS DE CONHECIMENTO		133
A.1	Pré-teste	133
A.2	Intervenção	142
A.3	Pós-teste	145
A.4	Teste de Retenção	153
ANEXO A NEW INDEX OF LEARNING STYLE - NEW-ILS		163
A.1	Questionário para estilo de aprendizagem	165

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Atualmente, a quantidade de informação a que os alunos têm acesso dentro e fora das salas de aula se torna cada vez maior (EASTIN, 2005). Isso sobrecarrega e desvia a atenção do aprendiz para um conteúdo que muitas vezes não está relacionado ao que realmente precisa ser aprendido (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2011; KIRSCHNER, 2002). Como consequência, os professores e desenvolvedores de materiais de aprendizagem ainda buscam pela melhor maneira de representar o conteúdo a ser ensinado, com o intuito de proporcionar que as informações sejam assimiladas com maior facilidade.

É nesse sentido, que as teorias de aprendizagem, como a **Teoria da Carga Cognitiva (TCC)**, vêm tentando contribuir (QUIROGA; CROSBY; IDING, 2004). A TCC sugere que as atividades realizadas durante o processo de aprendizagem devem ser apresentadas e definidas em ordem e quantidade que sejam adequadas à capacidade cognitiva do indivíduo. O objetivo desta teoria é possibilitar a redução do esforço empregado na assimilação do conteúdo (SWELLER, 1988). Nesse contexto, pesquisas na área de Ciência Cognitiva mostram que a efetividade da aprendizagem é *reduzida* quando a apresentação de um conjunto de informações é tão complexa que excede a capacidade cognitiva de um indivíduo de processá-la adequadamente (COOK, 2006).

Neste contexto, o uso de visualizações com o objetivo de reduzir a carga cognitiva durante o aprendizado tem demonstrado oferecer benefícios para a aquisição e retenção de conhecimento (ZHANG-KENNEDY; CHIASSON; BIDDLE, 2013). As visualizações têm o objetivo de representar e comunicar informações de maneira clara e eficiente utilizando principalmente meios gráficos. A representação visual da informação facilita a compreensão de relações e de padrões pelo cérebro humano. Sobretudo, as formas gráficas permitem relacionar dados e observar padrões que outras abordagens não permitem (CLEVELAND, 1994).

Diversos formatos de visualização são utilizados com o objetivo de facilitar o aprendizado. Dentre eles, um formato que vem recentemente ganhando popularidade no contexto educacional é o **infográfico** (contração do termo em inglês *information graphic*). Infográficos unem elementos de *design* a dados para ajudar a transmitir informações de modo objetivo (SMICIKLAS, 2012). A visualização gerada por um infográfico busca comunicar ideias ou informações complexas para um determinado público de maneira que essas informações sejam rapidamente compreendidas. Fundamentada na TCC, a **Teoria da Aprendizagem Multimídia** (TAM) proposta por Mayer (2002a) mostrou por meio de estudos empíricos que a carga cognitiva que um indivíduo tem que dispor quando encontra texto e ilustração apresentados em conjunto, como em um infográfico, é menor do que quando são apresentados separadamente (QUIROGA; CROSBY; IDING, 2004; MAYER, 2002a).

Além da forma de apresentação do conteúdo existem outros fatores que influenciam na cognição de um indivíduo. Segundo Lottridge, Chignell e Yasumura (2012), o fator emocional pode interferir diretamente na construção e aquisição de conhecimento, além de influenciar na capacidade de tomar decisões. Baker *et al.* (2008) e Goleman (1996) mostraram em seus estudos que a aprendizagem é prejudicada quando os alunos se sentem ansiosos, chateados ou deprimidos. Por outro lado, motivação e curiosidade são fatores que contribuem para um melhor aprendizado. Essas disposições das emoções humanas num dado instante (e.g. ansiedade, depressão, motivação, tristeza) são chamadas estados afetivos e englobam, desde emoções como felicidade, tristeza e raiva, a estados de ânimo como bom humor e mal humor (BERCHT, 2001). Flores (1998) afirma que o estado afetivo de um aluno interfere de modo direto na motivação em se aprender algo. De fato, existe na literatura uma vasta evidência empírica indicando que o aprendizado é sistematicamente influenciado pelos estados afetivos do aluno (REIS *et al.*, 2015; D'MELLO; TAYLOR; GRAESSER, 2007; RUSSELL, 2003). Dessa forma, ao analisar o uso de novos materiais de aprendizagem (e.g. infográficos e jogos educacionais) ou práticas pedagógicas (e.g. atividades colaborativas ou lúdicas), é fundamental verificar tanto os benefícios de aprendizagem que esses materiais/práticas proporcionam quanto seu impacto nos estados afetivos dos alunos.

Ao considerar o apoio cognitivo que pode ser oferecido pelos infográficos, também é necessário considerar as diferenças na percepção humana ao relacionar-se com esse tipo de visualização. A forma como um aprendiz reage a uma visualização pode influenciar no seu entendimento sobre os dados e sobre a utilidade da informação representada (GOMES, 2012). Felder, Felder e Dietz (2002) afirma que alguns aprendizes tendem a responder melhor às informações visuais, e outros conseguem focalizar mais fatos a partir de informações verbais. Cristina e Cavellucci (2003) utiliza o termo preferências de aprendizagem, comumente conhecido como estilos de aprendizagem, para denominar o conjunto de características que compõem a abordagem de aprendizado de cada indivíduo. Em contrapartida, Kirschner (2016), Howard (2006) e Sanderson (2011), questionam a confiabilidade dos instrumentos e a validade da classificação dos estilos. Coffield *et al.* (2004) ainda recomendam a realização de estudos mais

amplios e livres de tendências sobre existência ou não de benefícios para aprendizagem ao combinar o formato do material ao modo de apresentação preferido pelo aluno.

1.2 Motivação

O método de ensino tradicional composto de aulas expositivas em quadros e utilização de livros-texto reflete um modelo estático e mecânico que pode prejudicar desempenho cognitivo do aluno. Desse modo, é válido que os professores e desenvolvedores de materiais de aprendizagem utilizem a profusão de novos recursos atuais para garantir que o aprendizado ocorra de modo efetivo (JUNIOR; COLVARA, 2007). As tecnologias computacionais têm sido amplamente investigadas quanto a sua capacidade de facilitar o processo de ensino e aprendizagem (BARBOSA; MALDONADO, 2006; ISOTANI *et al.*, 2009). O uso da tecnologia vem sendo considerado essencial para a condução de atividades educacionais (GALAFASSI; GLUZ; GALAFASSI, 2013; BAKER; ISOTANI; CARVALHO, 2011). Aliada ao uso da Internet, a tecnologia permite a continuidade do processo de aprendizagem mesmo fora da sala de aula, favorecendo a disseminação do conhecimento a qualquer hora e em qualquer lugar (BITTENCOURT *et al.*, 2008). Apesar disso, a efetividade dessa contribuição ainda é uma fonte de discussão, bem como, quais características são responsáveis pela aquisição de conhecimento do aprendiz e como é possível avaliar tal aprendizado (NUNES, 2014). O constante desenvolvimento e uso de ambientes virtuais de aprendizagem como MOOCs e Sistemas Tutores Inteligentes faz com que os professores e desenvolvedores desses ambientes precisem avaliar qual formato de visualização a ser utilizado.

Um pressuposto que vem sendo confirmado pelas pesquisas no campo de ensino e tecnologia é os benefícios do uso de visualizações associadas a texto durante o processo de aprendizagem. Os tipos de visualizações utilizadas para complementar textos, vão de ilustrações a vídeos, e os aprendizes julgam a abordagem: “interessante” e “completa” (MAYER *et al.*, 1996; CHANLIN, 1998; SUN; CHEN, 2010). No entanto, são poucos os estudos que restringem o tipo de visualização investigado a infográficos e que fazem uma análise sobre o impacto deste tipo de visualização no contexto educacional. Algumas dessas pesquisas analisam os ganhos quanto a diminuição da carga cognitiva (LAMY *et al.*, 2008; DIAKOPOULOS; KIVRAN-SWAIN; NAAMAN, 2011), outras quanto a retenção de conhecimento a longo prazo (TOTH, 2013; WILKES; HODSON, 2013; ZHANG-KENNEDY; CHIASSON; BIDDLE, 2013; LYRA *et al.*, 2016). Basicamente, os resultados sugerem que o uso de infográficos também pode facilitar o aprendizado.

Apesar dos estudos sobre as vantagens do uso de visualizações de dados no contexto educacional estarem cada vez mais presentes na literatura (LARKIN; SIMON, 1987; GLENBERG; LANGSTON, 1992; BAUER; LAIRD, 1993; NOVICK, 2000), as pesquisas sobre infográficos podem ser classificadas em outra categoria. Embora exista interseção entre visualização de

dados e infográficos, eles se diferenciam em três critérios: método de criação, quantidade de dados representados e grau de tratamento estético (HARRISON; REINECKE; CHANG, 2015). Visualização de dados possuem menor grau de tratamento estético (i.e. trabalho artístico manual), uma maior quantidade de dados apresentados e podem ser mais facilmente gerados por meios automatizados. Os infográficos possuem alto grau de tratamento estético, onde ilustrações são criadas para explicitar e apresentar um conjunto pequeno e particular de dados, inviabilizando sua criação por meios automatizados, já que requer a aplicação de processos criativos e um entendimento sobre os dados, suas relações e o contexto onde este infográfico será utilizado.

São poucos os trabalhos que investigam o uso de infográficos na educação. Mais raro ainda são pesquisas que consideram a influência dos estados afetivos (em particular a satisfação) e a preferência (i.e. estilo de aprendizagem) do aluno na sua capacidade de reter informação quando o material apresentado é baseado em infográficos. Segundo Gomes (2012), as iniciativas existentes que investigam a influência dos fatores humanos na visualização de dados durante a interação homem-computador ainda estão em fase de aperfeiçoamento. Logo, existe um grande potencial de pesquisa nesta temática. Neste contexto, o desenvolvimento deste trabalho é motivado pela carência de estudos empíricos quanto ao uso de visualizações do tipo infográfico no contexto educacional levando em consideração estados afetivos, estilos de aprendizagem e complexidade visual do conteúdo.

1.3 Objetivos

Considerando a popularidade atual dos infográficos e a carência de estudos científicos que mensuram o real ganho do uso desse tipo de material na aprendizagem, esse trabalho de mestrado tem como objetivo geral investigar os benefícios educacionais do uso de infográficos como material de aprendizagem comparando-os com materiais tradicionais, sendo eles texto puro e gráfico+texto.

A fim de cumprir com o objetivo geral foram definidos objetivos específicos, detalhados a seguir.

1. Planejar e executar um experimento para coletar dados sobre a aprendizagem e a retenção de conhecimento por meio dos infográficos

- a) Identificar a influência de outras variáveis experimentais:
 - i. Complexidade do material de aprendizagem (Propor um framework para classificação da complexidade de infográficos).
 - ii. Satisfação do aluno ao utilizar o material.
 - iii. Estilo de aprendizagem do aluno.

O primeiro objetivo específico se concentra em coletar dados quantitativos sobre o aprendizado e a retenção de conhecimento por meio de infográficos, assim, será possível comparar com o uso de materiais de aprendizado tradicionais (gráfico+texto e texto puro). Para isso, será realizado o planejamento e execução de um experimento. A fim de isolar o fator material de aprendizagem, ou seja, garantir que os dados sobre aprendizagem e retenção coletados no experimento estejam diretamente ligados ao tipo de visualização utilizada, serão medidas as interferências dos fatores individuais: estilos de aprendizagem (visual - verbal) e a satisfação (prazer) com o material. Do mesmo modo, será investigado o fator complexidade do infográfico, externo ao indivíduo, pois a aprendizagem pode ser facilitada de acordo com a quantidade de informação que um infográfico transmite. Assim, será criado um framework para classificação dessa complexidade. Os fatores individuais são considerados elementos de suporte à experimentação visto que os fatores externos ao indivíduo como ambiente, temas e complexidade do infográfico foram controlados. Além disso, também deseja-se verificar qual a influência dessas variáveis (estilos de aprendizagem, satisfação e complexidade do infográfico) no processo de aprendizagem dos alunos.

2. Desenvolver um ambiente online para a execução do experimento e coleta automática dos dados

Será desenvolvido um ambiente de experimentação online que simule uma seção de aprendizado por computador por meio de infográficos e outros materiais de aprendizagem tradicionais (gráfico+texto e texto puro). Neste ambiente serão empregadas as ferramentas para a coleta de dados a fim de cumprir com o objetivo específico 1a.

3. Identificar e aplicar métodos e ferramentas estatísticas para apoiar a análise dos dados

Com base na configuração do experimento proposto e nos tipos de dados coletados será necessário identificar o método de análise estatística mais adequado para refutar ou afirmar as hipóteses que serão levantadas (vide Capítulo 4). Assim, a escolha de uma ferramenta que dê apoio ao método selecionado também se faz essencial

4. Entender o impacto do uso de visualizações do tipo infográficos para a aprendizagem e retenção de conhecimento

Finalmente, levantar e formalizar o conhecimento adquirido proporcionando assertivas sobre os benefícios do uso de infográficos para a aprendizagem e para a retenção de conhecimento. Além de expor uma discussão abrangente sobre os fatores que podem influenciar no processo de aprendizagem e afetar o resultado final.

1.4 Organização do trabalho

Este trabalho está dividido em 5 capítulos, sendo este, o primeiro. Até aqui foram apresentados o contexto, a motivação e os objetivos desta dissertação de mestrado. O Capítulo 2 apresenta o contexto teórico desta pesquisa que apoia e justifica a tomada de decisões, como a escolha das variáveis. Os principais conceitos abordados são: Infográficos, Satisfação, Estilos de Aprendizagem e sua vertente contrária. Além disso, são descritos os trabalhos relacionados com o tema, focando em trabalhos que discutem o uso de infográficos como materiais de aprendizagem. Devido ao caráter experimental desta pesquisa, os materiais e métodos foram descritos em capítulos separados a fim de facilitar a leitura e ampliar o nível de detalhes. A preparação e a utilização dos materiais foram descritos no Capítulo 3. O Capítulo 4 descreve o método utilizado para a coleta de dados e a análise dos resultados. Por fim, o Capítulo 5, conclui o trabalho destacando as contribuições, limitações e trabalhos futuros.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta o contexto teórico em que esta pesquisa está situada. Este trabalho baseia suas decisões, como a escolha das variáveis investigadas, nas teorias e resultados apresentados neste capítulo. A Seção 2.1 discute os benefícios do uso de visualizações de informação para o aprendizado, fundamentada pelas Teorias da Carga Cognitiva e da Aprendizagem Multimídia. A Seção 2.2 apresenta e define o conceito de infográfico, o tipo de visualização da informação investigado neste trabalho, e expõe os trabalhos relacionados ao uso de infográficos na educação. Por fim, as Seções 2.3 e 2.4 discutem a interação dos fatores individuais, satisfação e estilos de aprendizagem, com o formato do material de aprendizagem.

2.1 Visualização da Informação (VI) e a Aprendizagem

Inicialmente, o termo ‘visualização’ era utilizado para descrever representações de dados científicos que ganhavam valor dando suporte para análise de dados e compartilhamento de experiências (MCCORMICK; DEFANTI; BROWN, 1987). Atualmente, o termo ‘visualização de informação’ é definido pela área de Ciência da Computação como uma tecnologia específica, ou seja, um meio e não um artefato final. Assim, Card, Mackinlay e Shneiderman (1999) se referem à visualização de informação como o uso de representações visuais e computacionais de dados abstratos com o objetivo de aumentar a compreensão. Para Carr (1999), VIs são especialmente importantes quando esse conjunto de dados abstratos é muito grande. Assim, ele define visualização de informação como tecnologias que identificam estruturas em dados abstratos e suportam a recuperação de informação. O uso do computador na geração dessas representações é a principal característica da definição (CHEN, 2005). No entanto, Masud *et al.* (2010) destacam que VI pode ser definida como um processo que deve considerar, além da tecnologia envolvida, os objetivos, o público alvo e o contexto para variar o artefato final.

Em Ware (2012), o autor considera que VI é uma área de pesquisa que investiga formas para representar dados de maneira eficiente. Mais do que pesquisadores, a área tem atraído artistas, programadores, designers e cientistas de dados interessados na capacidade de engajar e tornar as experiências dos usuários mais atraentes visualmente (MANUEL, 2011). Segundo Freitas *et al.* (2001), visualizações de informação são dados de um domínio representados graficamente de modo que a capacidade de percepção do leitor seja explorada permitindo que, além da interpretação, ele possa compreender e deduzir novas informações. Uma visualização ajuda a dar significado aos dados, transformando-os em informação e conhecimentos consistentes (EICK, 2004; MANUEL, 2011). Além disso, o processo de desenvolvimento das visualizações facilita a percepção de padrões e conexões entre conceitos permitindo um melhor entendimento dos dados e das informações produzidas (MANUEL, 2011; STEELE; ILIINSKY, 2010; MUEHLENHAUS, 2012). Para Bier, Card e Bodnar (2008), a vantagem do uso de visualizações de informação está em agilizar nosso entendimento e ações em um mundo onde o volume de informações cresce constantemente.

Visualizações de informação podem ser utilizadas em vários contextos. No contexto educacional, vêm sendo empregadas com o propósito de beneficiar o aprendizado e aumentar a motivação (NAPS *et al.*, 2003). De fato, o uso de informações visuais no ensino é um aspecto que muitos estudos têm demonstrado influenciar positivamente no aprendizado. Por meio de uma série de experimentos, Mayer *et al.* (MAYER *et al.*, 1996; MAYER, 2003) oferecem fortes evidências de que integrar informações visuais ao material de aprendizagem em formato textual gera melhores resultados com relação a retenção do conhecimento. Do mesmo modo, Gyselinck e Tardieu (1999) sugerem que a construção de modelos mentais é facilitada quando descrições visuais dos relacionamentos entre os elementos no texto são apresentadas, pois oferecem percepções adicionais ao texto. Cuevas, Fiore e Oser (2002) também evidenciaram os benefícios do uso de conteúdos visuais na construção de modelos mentais afirmando que o aprendizado é maior quando o texto é acompanhado de diagramas do que quando é apresentado sozinho. As pesquisas na área afirmam que as visualizações que ilustram as estruturas da informação contribuem com a capacidade dos alunos de lidar com a complexidade do assunto abordado (HOLLEY; DANSEREAU, 1984; JONASSEN *et al.*, 1997; JONASSEN; BEISSNER; YACCI, 1993).

Outras pesquisas buscam explicar os motivos por trás dos benefícios do uso de visualizações para a aprendizagem. Larkin e Simon (1987) afirmaram que a eficiência no processamento das VIs está relacionada com o maior número de inferências proporcionadas durante a leitura. Enquanto que para Cox (1999), elas ajudam a enxergar as relações abstratas entre os elementos. Para Bransford, Brown e Cocking (1999), a forma como o conhecimento está organizado afeta a performance intelectual dos alunos, logo, as visualizações de informação atuam ajudando o aluno a organizar esse conhecimento. Além disso, ajudam os estudantes a estruturar, elaborar, avaliar e transmitir conhecimento, bem como aplicar ideias e pensamentos sobre conteúdos e recursos relevantes (HOLLEY; DANSEREAU, 1984; JONASSEN; BEISSNER; YACCI, 1993;

TERGAN, 2003).

Observando o modo como ocorrem os processos cognitivos também é possível entender como as visualizações beneficiam o aprendiz. De acordo com Sweller e Chandler (1994), uma visualização ajuda o aprendiz a transpor problemas relacionados às limitações da memória de trabalho humana, tanto na capacidade (quantidade) como na duração da informação retida. Para Larkin (1989), a capacidade da memória de um indivíduo de resolver tarefas cognitivas complexas é expandida com o uso de visualizações. Isso ocorre, pois a carga de processamento é dividido entre as memórias de trabalho visual e verbal. De forma semelhante, Mayer (2002b) sugere que o uso de diferentes formas de representação (e.g. escrita, ilustrada) estimula o processamento cognitivo em vários subsistemas da memória de trabalho humana, dando suporte aos processos de aprendizagem. As visualizações ainda se beneficiam da habilidade humana natural de encontrar e processar padrões visuais, verificada pela Teoria de Gestalt (KOFFKA, 2013).

Por fim, os dados publicados por pesquisas neurais relacionadas ao modo como nós processamos informações fundamentam a escolha de visualizações na comunicação de ideias. O processamento de informação visual é responsável por ocupar grande parte da atividade cerebral (BURKHARD, 2004), cerca de 50% do cérebro é dedicado (direta ou indiretamente) às funções visuais (MIT News, 1996). Além disso, o processamento de imagens é mais rápido comparado com o processamento de palavras (GLASER; GLASER, 1989). Ao ver uma imagem, o cérebro acessa simultaneamente o conceito e as propriedades do que está sendo representado. Enquanto que, para uma palavra, primeiro é acessado o conceito e em seguida, se for necessário realizar alguma tarefa, o cérebro pode acessar as propriedades. Ou seja, a imagem transmite, de uma vez, tanto o conceito quando suas características (VISWANATHAN; CHILDERS, 2003).

No entanto, uma visualização sozinha pode não ser suficiente para que um usuário a compreenda completamente. Assim, Sebrechts (2005) ressalta a necessidade de complementar a visualização com dicas verbais para ajudar o usuário a explorar todas as informações e usá-la em um contexto educacional de forma adequada. Essa necessidade é confirmada por Mayer (2003) nos experimentos que realizou a fim de propor sua Teoria da Aprendizagem Multimídia, abordada a seguir, na Subseção 2.1.1.

2.1.1 Teoria da Carga Cognitiva e a Teoria da Aprendizagem Multimídia

A efetividade do aprendizado está diretamente ligada, entre outros fatores, à como o conteúdo será apresentado e trabalhado no contexto educacional. Esse fator exerce grande influência no aprendizado, pois afeta o modo como ocorrem os processos cognitivos do estudante. Nesse seguimento, Mayer realizou vários experimentos para investigar como ocorre o aprendizado mediado pela tecnologia e formulou a **Teoria da Aprendizagem Multimídia (TAM)** (MAYER,

2002a). Segundo a TAM, o aprendizado é mais efetivo quando os alunos utilizam imagens associadas a textos do que quando utilizam apenas texto (MAYER, 2002a).

Para formular sua teoria, Mayer se baseou na então consolidada **Teoria da Carga Cognitiva (TCC)** proposta por Sweller na década de 1980. A TCC definiu princípios para a construção de materiais de aprendizagem de modo que estes promovessem aumento na capacidade cognitiva humana e, conseqüentemente, na efetividade do processo de aprendizado (PAAS; RENKL; SWELLER, 2016; SANTOS; TAROUÇO, 2007; MERRIËNBOER; SWELLER, 2010). Para a teoria de Sweller, o aprendizado é mais efetivo quando o material está alinhado com a arquitetura cognitiva humana (PAAS; RENKL; SWELLER, 2004).

Para Sweller, Merrienboer e Paas (1998) a arquitetura cognitiva humana é composta de duas memórias: a memória de trabalho, ou de curto prazo, e a de longo prazo. A primeira é a responsável pelo pensamento ativo e armazenamento temporário das informações, processando informações visuais e verbais separadamente. No entanto, a memória de trabalho é limitada quanto ao número de informações que consegue processar simultaneamente. Ela pode armazenar cerca de sete elementos mas atuar em apenas dois a quatro elementos (MERRIENBOER; SWELLER, 2005). Assim, a memória de trabalho é um problema no processamento cognitivo humano em função da sua capacidade limitada de informações tratadas simultaneamente (MACHADO; MARGARIDA; TAROUÇO, 2010).

Considerando essa limitação natural do ser humano em processar muitas informações ao mesmo tempo, a Teoria da Carga Cognitiva afirma que o aprendizado é mais eficaz quando o volume de informações em um material de aprendizagem respeita a carga suportada pela memória de trabalho (MERRIËNBOER; SWELLER, 2010). Assim, um material de aprendizagem eficiente precisa minimizar a carga cognitiva desnecessária e, ao invés disso, direcionar o processamento para o conteúdo que precisa ser aprendido (SWELLER; MERRIENBOER; PAAS, 1998). A partir disso, é possível compreender que a TCC considera algumas formas de carga cognitiva úteis e outras desnecessárias, são elas:

- Carga cognitiva intrínseca (*intrinsic*) - é o nível de complexidade inerente ao conteúdo a ser aprendido, logo, não pode ser mudada.
- Carga cognitiva irrelevante / estranha (*extraneous*) - causa processamento mental desnecessário de algo que não é importante para o aprendizado. Está ligada a presença de elementos irrelevantes e formas de apresentação confusas.
- Carga cognitiva relevante / natural (*germane*) - causa processamento que beneficia o aprendizado, também é imposta pela maneira como o conteúdo é apresentado mas de modo adequado ao conteúdo.

Um material de aprendizagem que foi formulado aplicando os princípios da TCC torna o aprendizado mais eficiente minimizando a carga cognitiva irrelevante e maximizando a carga

cognitiva relevante (PAAS; RENKL; SWELLER, 2004). No caso da Teoria de Aprendizagem Multimídia, a combinação de representações verbais e visuais é utilizada para contornar a limitação na memória de trabalho e diminuir a carga cognitiva irrelevante descrita por Sweller. É essa combinação dos dois formatos instrucionais (palavras, escritas ou faladas, e imagens, animadas ou estáticas) que Mayer define como multimídia (MAYER, 2002a).

As pesquisas de Mayer convergiram para evidências empíricas de que os métodos exclusivamente verbais nem sempre funcionam bem (MAYER, 2003). Por meio de experimentos, Mayer demonstrou que estudantes que aprendem apenas por meio de informações verbais (escritas ou faladas) têm mais dificuldade para memorizar e para aplicar o conteúdo (MAYER, 1997; Mayer, 1999a; Mayer, 2003). Assim, para a TAM o aprendizado é mais efetivo quando são utilizados materiais de aprendizagem que combinam explicações verbais e visuais (MAYER, 2002a). A TAM explica esse fenômeno por meio de três premissas que descrevem como ocorrem os processos cognitivos que resultam em aprendizagem.

A premissa do canal duplo (*dual channel assumption*) assume que a mente humana possui sistemas de processamento cognitivo separados para cada tipo de informação, visual e verbal (CLARK; PAIVIO, 1991; BADDELEY, 1992). No entanto, a segunda premissa da TAM afirma que cada sistema tem uma capacidade limitada (*limited capacity assumption*) na quantidade de informações que pode processar por vez, do mesmo modo que a Teoria da Carga Cognitiva de Sweller (BADDELEY, 1992; CHANDLER; SWELLER, 1991; SWELLER, 1988; MERRIENBOER; SWELLER, 2005). A terceira premissa diz que um aprendizado efetivo é um aprendizado ativo (*active learning assumption*), composto de três passos: perceber as imagens e palavras relevantes, organizá-las mentalmente em uma estrutura coerente e incorporar essa estrutura ao conhecimento prévio existente (MAYER, 1999a; Mayer, 1999b; Mayer, 2002a). Na prática, deve existir equilíbrio entre a quantidade de estímulos verbais e visuais para que o aluno não desperdice recursos cognitivos tentando coordenar as duas fontes de informação. Por exemplo, um material de aprendizagem no computador que apresenta uma imagem, descrições textuais e áudio do texto, inunda o canal de processamento verbal, pois, o aluno precisa sincronizar mentalmente o áudio com o texto apresentado (YUE; BJORK; BJORK, 2013).

Com base nas três premissas sobre o funcionamento cognitivo, Clark e Mayer (2008) apresentaram princípios para a construção de materiais multimídia de aprendizagem com o objetivo de minimizar a carga cognitiva irrelevante e beneficiar a aprendizagem:

- Princípio da Representação Multimídia - prevê aprendizado mais efetivo quando estímulos verbais (escritos ou falados) e visuais (imagens ou animações) são combinados. Os dois estímulos promovem o aprendizado ativo ao abastecer os dois canais de processamento cognitivo.
- Princípio da Proximidade Espacial - prevê melhor aprendizado quando textos e imagens

correspondentes são apresentados próximos e não afastados. O objetivo é diminuir a carga cognitiva irrelevante necessária para integrar partes da mesma informação que estão fisicamente separadas.

- Princípio da Proximidade Temporal - prevê que textos e palavras correspondentes devem ser apresentados simultaneamente e não sucessivamente para diminuir a carga cognitiva irrelevante.
- Princípio da Coerência - prevê a necessidade de relação entre palavras, imagens e sons, além da retirada de qualquer elemento (textos, sons, imagens, botões, animações) não relevante para o aprendizado.
- Princípio da Redundância - prevê a retirada de elementos redundantes, por exemplo, um texto escrito acompanhado da narração do mesmo deve ser substituído por animação e narração.
- Princípio da Personalização - prevê a utilização de linguagem contextualizada aos sujeitos para estímulos verbais.
- Princípio das Diferenças Individuais - prevê que alunos com baixo conhecimento e elevada orientação espacial se beneficiam mais de materiais de aprendizagem multimídia do que alunos com mais conhecimento e pouca orientação espacial.

Em suma, teorias como a TCC (SWELLER, 1988) e a TAM (MAYER, 2002a), foram estabelecidas destacando a importância dos processos mentais internos para o aprendizado e, por isso, chamadas de teorias de aprendizado cognitivo (SMITH B. J; ABCOUWER, 2012). Ambas investigam como as informações são percebidas, processadas, codificadas, armazenadas e recuperadas para melhor entender como o aprendizado ocorre e como beneficiar esse processo (SANTOS; TAROUÇO, 2007). Para as teorias de aprendizado cognitivo o cérebro não é visto como uma caixa preta, pelo contrário, são destacados recursos impalpáveis como memória e raciocínio (MAYER, 2002b). Assim, Mayer utilizou os pressupostos estabelecidos por Sweller e outros pesquisadores cognitivistas para propor sua Teoria da Aprendizagem Multimídia e destacar a importância do uso dos dois canais de processamento (visual e verbal) para um aprendizado efetivo.

Por fim, as teorias de aprendizado cognitivo são centradas no aprendiz e enfatizam a natureza do aprendizado humano independentemente do meio de aprendizado. Devido a isso, seus conceitos são estendidos para as mídias digitais (MAYER, 2003). Por exemplo, Mayer afirma que as três premissas da TAM são verdadeiras tanto para materiais de aprendizagem apresentados em livros quanto em computadores. Assim, se um material impresso demanda a mesma quantidade de processamento cognitivo que um digital, eles vão resultar no mesmo benefício. Mayer prevê o uso da tecnologia como uma ferramenta que pode estender a capacidade

cognitiva humana, pois esses materiais exigem projetos mais estratégicos e cuidadosos. Com efeito, aplicar os conceitos do aprendizado cognitivo no desenvolvimento de materiais para mídias digitais auxilia professores e projetistas instrucionais na escolha dos recursos mais adequados ao grande volume de informações que geralmente acompanha as tecnologias como jogos, chats e animações (SANTOS; TAROUÇO, 2007). Desse modo, a interação com a tecnologia passa a potencializar os processos cognitivos responsáveis pela aprendizagem mantendo seu caráter moderno e motivador.

2.2 Infográficos

Segundo Smiciklas (2012), infográfico, ou gráfico de informação, é uma visualização que associa dados com design, com o objetivo de transmitir informações concisas a uma determinada audiência. Esse formato de representação de dados teve sua popularização iniciada nos anos 80, quando a revista *Today* (1982) passou a utilizar o formato em suas reportagens (VERAS; CASTRO, 2015). Atualmente, no Brasil, os infográficos são usados largamente pela mídia como forma de atrair a atenção dos leitores. A divulgação pela área jornalística trás para a definição de infográfico uma visão aplicada que considera a infografia como uma ferramenta de apoio à transmissão de conhecimento.

Para Risch (2008) infográficos são representações visuais de dados, informações ou conhecimento que podem usar símbolos para ilustrar ideias. Para ele, o valor de um infográfico está na sua capacidade de dar suporte à geração de inferências sobre a relação entre conceitos. Enquanto que para Smiciklas (2012), o potencial está na transformação de conceitos abstratos e complexos em conhecimento intuitivo e instantâneo. De fato, para serem efetivos, infográficos precisam ser desenvolvidos pensando na leitura rápida e na fácil compreensão. Além disso, um bom infográfico tem um público alvo bem definido, permitindo que apenas as informações essenciais sejam apresentadas. Em contrapartida, o uso de infográficos não está limitado à nenhuma área de conhecimento. Contanto que o objetivo seja transmitir conhecimento, os infográficos podem ilustrar amplamente qualquer domínio, desde áreas da ciência da natureza (e.g. química, biologia, física) até política e negócios.

Para alguns autores, infográficos podem ser vistos como textos ilustrados, realçando uma das características visuais mais marcantes de um infográfico: o uso de ilustrações correspondentes às explicações textuais curtas e objetivas (RIBAS, 2004). As ilustrações ajudam a decompor conceitos complexos dando apoio à assimilação do conteúdo, pois mostram outra perspectiva sobre a informação escrita. Quando comparada a documentos de texto, a associação de textos e imagens contribui para elevar a facilidade de aprendizagem, o nível de compreensão e o interesse no domínio (MCLOUD, 2000).

Não é essencial que um infográfico possua uma apresentação linear de informações, sendo assim, a leitura pode começar pelo centro e partir para qualquer direção. Essa característica

não elimina a necessidade de uma estrutura com começo, meio e fim. Segundo Caixeta (2005) o ponto inicial de leitura deve ser destacado por uma imagem principal ou fonte diferente, enquanto que o corpo apresenta equilíbrio entre as proporções de textos e imagens. Para Leturia (1998) a estrutura obrigatória de um infográfico deve ser composta por título, texto, corpo e fonte. Em que o título é auto-explicativo, no texto e corpo se encontram as informações e a fonte garante a veracidade do que está sendo representado. Desse modo, em um infográfico, o fluxo de leitura diferenciado não impede a fácil compreensão da visualização.

As características dos infográficos os tornam versáteis e permitem que possam ser utilizados com diferentes objetivos, seja por meio impresso ou digital: fazer analogias, descrever processos e acontecimentos, resumir ou detalhar fenômenos da natureza, divulgar fatos ou descobertas, comparar produtos, entre outros objetivos (RIBAS, 2004). Sobretudo, hoje os infográficos são utilizados com o propósito de atender a nova geração de leitores que, cada vez mais, busca obter conhecimento de maneira rápida e atrativa. O infográfico associa textos e imagens para chamar a atenção do leitor e tornar a informação mais clara e compreensiva, assim consegue atender tais necessidades.

Neste trabalho um infográfico é definido como um tipo de visualização de informação que utiliza **figuras** para ilustrar ideias, **gráficos** para representar dados e curtas **explicações textuais**. Esses três componentes precisam estar associados à **elementos de design**, gerando uma apresentação visualmente agradável, quase que apelativa, dos conceitos e informações. No entanto, para compreender esse trabalho é necessário que o leitor tenha em mente não apenas o conceito do que são infográficos, mas também o tipo de *design* empregado em um infográfico, pois uma visualização pode transmitir informações por meio de ilustrações, gráficos e textos mas o termo utilizado para referenciá-la não ser “infográfico”.

A Figura 1 é um exemplo de visualização do tipo infográfico que apresenta como tema o consumo de água no planeta. Nela é possível notar o design que foi pensado para remeter ao tema água (a), o uso de elementos gráficos para representar dados (b), o uso de ilustrações (c) e de curtas descrições textuais complementando as informações (d).

A Figura 2 apresenta um conjunto de ilustrações que podem ser utilizadas como exemplo de visualizações que não estão classificadas como infográficos. Um mapa mental (a) não apresenta nenhum dos elementos de design de um infográfico, assim como, um gráfico 3D (b) não ilustra seus dados nem acrescenta informações textuais ao tipo de representação ou uma visualização gráfica (c) deixa a desejar em relação à ilustração e quantidade de informação fornecida.

A propriedade dos infográficos de combinar imagens e textos faz com que sejam considerados materiais de aprendizagem multimídia de acordo com as definições de Mayer (1999b). Essa característica também atende o primeiro princípio da Teoria da Aprendizagem Multimídia, descrita na Subseção 2.1.1, o princípio da Representação Multimídia. De fato, o tipo de visualização infográfico inerentemente manifesta outros princípios das teorias de aprendizado

Figura 1 – Exemplo de Infográfico

Fonte: Planeta Sustentável (2011).

cognitivo para trazer benefícios para a aprendizagem. O uso de imagens que são fundamentais para a compreensão do conteúdo e não meramente ilustrativas, por exemplo, está descrito no princípio da Coerência da TAM (CLARK; MAYER, 2008). Além de serem correspondentes aos textos em significado, as imagens também são apresentadas próximas ao textos de referência, sendo condizente com o princípio da Proximidade Espacial e da Proximidade Temporal. O Princípio da Personalização é revelado no uso de linguagem natural e adaptada à audiência alvo do infográfico. O caráter didático de um infográfico permite que ele seja aplicado para transmitir informações para leitores iniciantes ou com baixa formação cultural (CAIRO, 2008; ALVES, 2010). Isso é reforçado pelo princípio das Diferenças Individuais que prevê maior ganho na aprendizagem multimídia para alunos com baixo conhecimento. Dessa forma, os infográficos encontram suporte para justificar seu potencial educacional nos princípios da Teoria de Aprendizado Multimídia e da Carga Cognitiva e, assim, cumprir com seu papel de apoiar cognição do leitor (CAIRO, 2008).

2.2.1 Infográficos na Educação

Os infográficos são capazes de transformar conceitos abstratos e complexos em conhecimento intuitivo e instantâneo (SMICKLAS, 2012). As ilustrações ajudam a decompor conceitos complexos dando apoio à assimilação do conteúdo. Infográficos têm um público alvo

Figura 2 – Exemplo de figuras não consideradas Infográficos

Fonte: França *et al.* (2003), Shiklomanov (1990), Ciuccarelli (2008).

bem definido mas podem ser ligados a diferentes áreas da ciência, negócios, política, meio-ambiente. Mesmo que o termo utilizado não seja ‘infográfico’ uma visualização pode transmitir informações por meio de ilustrações gráficas, informando diversos conceitos simultaneamente e integrando essas ilustrações a dados, logo visualmente ser classificada como infográfico. A Seção 2.2 apresenta o conceito de infográfico utilizado neste trabalho e um exemplo na Figura 1. Devido a sua natureza informativa, os infográficos passaram a ser empregados como material de apoio ao ensino. No entanto, poucos trabalhos fornecem evidências empíricas sobre o uso desse formato e como ele afeta o aprendizado.

Esta seção, expõe uma breve apresentação da temática de trabalhos que descrevem o uso de infográficos como materiais de aprendizagem. Observando o caráter experimental deste trabalho de mestrado e o fato de infográficos serem conceituados na Seção 2.2, a maioria dos artigos aqui descritos têm caráter empírico ou aplicado. Os estudos serão descritos quanto à área que está aplicando o infográfico, ao tema abordado pela ilustração, ao método e conclusões.

Toth (2013) apresenta um relato de experiência descrevendo o processo de geração de infográficos por estudantes da graduação com o objetivo de apoiar o ensino. O autor tem o objetivo de aumentar a exposição dos alunos a novos formatos visuais. Para isso, são propostas duas abordagens, a primeira é a análise visual e discussão de infográficos pelos alunos, a

segunda propõe que os alunos produzam seus próprios infográficos. O autor, não se preocupa em restringir o tema dos infográficos produzidos pelos alunos à apenas uma área. Apesar de relacionar os infográficos com aprendizado, o foco do estudo não é fazer com que o público alvo aprenda o conteúdo da representação gráfica. O objetivo destacado é que os estudantes melhorem suas habilidades de julgar a qualidade desse tipo de visualização e de criar novos infográficos mais efetivos. Assim, não foi realizado nenhum tipo de avaliação para certificar o aprendizado. Contudo, o autor relata que os alunos declararam estar satisfeitos e engajados no uso das duas abordagens.

Do mesmo modo, Wilkes e Hodson (2013) também propõem a utilização do processo de produção de infográficos como apoio a ensino. A recomendação dos autores é que o aluno utilize o formato infográfico como meio para reportar e resumir seu aprendizado. No método proposto, o estudante é desafiado a representar graficamente as diferenças significativas entre os diferentes tipos de mídias sociais. Apesar de os autores descreverem uma metodologia detalhada com resultados esperados positivos para a aprendizagem, não foi realizada nenhuma avaliação empírica de fato.

Outros dois trabalhos que levantam os benefícios do uso de infográficos sem a realização de investigações empíricas são Sudakov *et al.* (2014) e Machado (2015). Sudakov *et al.* (2014) propõe uma série de infográficos no domínio de matemática do clima, disponibilizando os materiais para outros educadores. Para obter um feedback dos estudantes sobre a representação desse tópico no formato infográfico, os autores aplicaram um questionário do tipo *survey* com 38 alunos e identificaram que 80% dos alunos foram favoráveis à introdução desse tipo de visualização no processo educacional. Além disso, os alunos julgaram que infográficos são mais relevantes para os cursos de Química, Física, Biologia e Ciência da Computação, e menos úteis para os cursos de ciências sociais como Sociologia, Filosofia e Psicologia. No entanto, o trabalho de Sudakov *et al.* (2014) não avalia o aprendizado por meio de infográficos e não compara seu uso com outros formatos de materiais de aprendizagem. De modo semelhante, Machado (2015) realizou um estudo de caso com cinco alunas de um curso de conceitos básicos de informática. Nesse estudo foi proposto às alunas que desenvolvessem seus próprios infográficos com temas relacionados à saúde da mulher. As alunas foram avaliadas em dois momentos: pré-teste e pós-teste. No entanto, o objetivo do estudo não era o aprendizado dos temas (conteúdo do infográfico), mas sim de conceitos de informática e uso do computador como habilidades em usar o mouse, o teclado e acessar a internet. As autoras concluem confirmando a hipótese de que o desenvolvimento de infográficos contribuiu para o aperfeiçoamento dessas habilidades. Além disso, o material infográfico não foi comparado com outro formato.

Utilizando um método empírico, Diakopoulos, Kivran-swaine e Naaman (2011) exploraram o uso de infográficos com três níveis diferentes de elementos de jogos, de não gamificado a muito gamificado, no domínio de dados médicos sobre a saúde da população norte americana. Foi realizado um experimento com 127 participantes atribuídos aleatoriamente entre as três

visualizações. Os três formatos foram avaliados quanto ao aprendizado dos alunos sobre o tema, o número de insights que proporcionaram aos alunos e a satisfação dos alunos com o infográfico. Os autores concluíram que quanto menos elementos de jogos, maior o aprendizado, o número de insights e a satisfação dos alunos. Apesar dos resultados significativos para a área de gamificação de materiais instrucionais, os autores não puderam concluir se existe diferença entre empregar infográficos e outros tipos de materiais de aprendizagem. Isso ocorre, pois, o estudo compara as variáveis dependentes em função dos níveis de elementos de jogos e não do formato do material de aprendizagem.

Comello *et al.* (2016) também investigaram o uso de infográficos inspirados em jogos no contexto médico, porém, comparando com representações tradicionais como gráficos e texto puro. Os materiais foram utilizados com o objetivo de conscientizar a audiência sobre hábitos de saudáveis como o uso de álcool e cigarros, consumo de vegetais e frutas, prática de exercícios físicos e gerenciamento do peso. Aderiram ao experimento 1162 participantes que foram distribuídos aleatoriamente entre os temas e os formatos de material. Os autores exploraram as variáveis níveis de engajamento, medida pelo comportamento e reação frente à informação e pelo tom emocional, e processamento de informação, medido pela compreensão e pela carga cognitiva. A medida de compreensão foi gerada a partir de testes múltipla escolha, enquanto que as outras medidas como engajamento e tom emocional foram medidas com escalas do tipo likert. Os autores concluíram que o infográfico inspirado em jogos é superior aos formatos tradicionais, pois, os infográficos foram superiores para várias medidas, enquanto que para outras, não demonstrou diferença observável. Acima de tudo, os resultados apoiam o uso de infográficos para aumentar compreensão e engajamento, destacando que seu uso pode resultar em mudanças no comportamento do aluno.

Também realizando um experimento controlado, Zhang-Kennedy, Chiasson e Biddle (2013) evidenciaram o poder de persuasão dos infográficos. Os autores prepararam três infográficos para conscientizar os sujeitos sobre roubos de senhas, a importância de se criar senhas fortes para seus serviços online e como hackers realizam ataques de segurança (*password guessing attacks*). O experimento contou com a participação de 55 estudantes distribuídos entre infográficos e texto puro. A avaliação utilizou questionários aplicados imediatamente após a exposição aos materiais para mensurar a efetividade do aprendizado, o sentimento de utilidade das informações e o poder de persuasão das informações. O estudo concluiu que os sujeitos retiveram significativamente mais conhecimento quando utilizaram infográficos comparado com o material em forma de texto puro. Ademais, os infográficos foram considerados mais úteis, fáceis de memorizar e mais persuasivos pelos alunos.

Crick e Hartling (2015) também compararam o uso de infográficos com formato texto puro por meio de um experimento controlado com 58 sujeitos. As duas abordagens foram utilizadas para comunicar e resumir resultados de revisões sistemáticas da área médica, importantes para compilar evidências clínicas sobre condições específicas. O formato textual comparado com

o formato infográfico é chamado de avaliação crítica, é mais técnico e com seções bem definidas. A principal variável dependente de interesse dos autores foi a declaração de preferência dos usuários. Ainda, outras variáveis foram avaliadas por meio de escalas do tipo likert como a clareza, compreensibilidade, e apelo estético do formato. Além disso, os sujeitos julgaram a adequação dos dois formatos para determinadas audiências. Como resultados, apesar do julgamento sobre o formato preferido ser dividido (51% preferiram infográficos), ao considerar a formação do leitor 68% dos médicos preferiram o formato textual e 67% dos enfermeiros preferiram infográficos. O formato textual foi considerado mais claro, enquanto que os infográficos foram considerados com mais apelo estético. Em relação a compreensão, não foi encontrada diferença entre o julgamento dos participantes sobre os dois formatos. Os respondentes consideraram os infográficos como formatos mais úteis para pacientes e seus cuidadores, enquanto que o formato textual foi considerado mais útil para profissionais. Os autores concluem reforçando que qualquer ferramenta para disseminação de conhecimento precisa ser adequada a seu público alvo e à suas necessidades.

O trabalho de Lee e Kim (2015) emprega o termo infográficos e gráfico+texto com o mesmo sentido. Lee e Kim (2015) investigaram o uso de infográficos na área de jornalismo online com o objetivo de verificar como esse tipo de visualização pode afetar o processamento individual de notícias. Para isso, os autores realizaram um experimento online com 360 leitores. Os participantes foram distribuídos entre três formatos da mesma notícia sobre economia: texto, gráfico e gráfico+texto. Foram medidas as variáveis conhecimento prévio, interesse ou engajamento no assunto e processamento da informação. Os autores concluíram que adicionar gráficos às notícias aumentou o nível de engajamento do leitor, embora apenas para aqueles que previamente declararam interesse alto no assunto. Os infográficos demonstraram afetar os usuários com menor conhecimento prévio sobre o assunto de maneira a direcioná-los a avaliações mais positivas e favoráveis a notícia. Apesar disso, os autores destacam que nenhum dos três formatos afetou o modo de processamento da informação, demandando futuras investigações.

Variando, sobretudo a duração do estudo, Çifçi (2016) executou um experimento longo com 113 alunos, cujo objetivo foi comparar o aprendizado de uma turma que utilizou infográficos como material de aprendizagem durante um semestre do curso de geografia, com o aprendizado da turma que utilizou os materiais tradicionais. Ao final do curso, os autores puderam concluir que a turma que utilizou infográficos acertou, em média, mais questões em um teste de conhecimento aplicado ao final do curso. Além disso, a turma que utilizou infográficos demonstrou um aumento significativo de conhecimento em relação ao início do curso. Os autores concluem que os materiais multimídias constituem uma boa estratégia pedagógica. Apesar disso, o trabalho de Çifçi (2016) deixou algumas questões em aberto, por exemplo: como foi contornada a influência do professor em cada turma, quais as possíveis diferenças no conteúdo ministrado para os dois grupos, a porcentagem do conteúdo do curso que foi apresentado na forma de infográfico, entre outras.

Conforme a apresentação dos trabalhos, ainda existem poucos estudos que avaliam o

valor dos infográficos para o contexto educacional. Além disso, não existe consenso sobre quais áreas podem ser mais bem representadas, ou se esse tipo de visualização é falha para determinados domínios. Por exemplo, os trabalhos de Diakopoulos, Kivran-swaine e Naaman (2011) e Comello *et al.* (2016) utilizam os infográficos para representar domínios relacionados à saúde, enquanto que Lee e Kim (2015) criaram infográficos para visualizar notícias sobre economia e Çifçi (2016) retratou o conteúdo de um curso de geografia. É importante ressaltar a existência de inúmeras áreas que podem ser alvo de representações gráficas como infográficos. A existência de infográficos na área de tecnologia (WILKES; HODSON, 2013; MACHADO, 2015), acredita-se estar relacionada com a adjacência do campo de visualização da informação com o campo de sistemas de informação. Em razão disso talvez, seja maior o contato desses profissionais com esse tipo de visualização. Na área de medicina as imagens cumprem um papel crítico quanto à educação médica (DEV, 1999). Assim os profissionais estão sempre à procura de novos métodos de visualização e de inserção de tecnologias variadas (e.g. 3D, realidade aumentada) a fim de encorajar o aprendizado mais efetivo em uma ambiente controlado.

Dentre os trabalhos experimentais descritos, nenhum apresentou objetivo semelhante ao desta dissertação de mestrado, apresentado na Seção 1.3 Apesar de Lee e Kim (2015) compararem os três formatos de materiais de aprendizagem, os alunos não foram avaliados quanto ao aprendizado. Além disso, os trabalhos não investigam o impacto da satisfação (estado afetivo) do aluno quando comparam o aprendizado por infográfico com o aprendizado por materiais de aprendizagem tradicionais (gráficos+texto e texto puro). Tampouco verificam se existem evidências da interação do estilo de aprendizagem do indivíduo com o tipo de material que ele está utilizando.

Os trabalhos apresentados nesta seção caracterizam a área de pesquisa sobre “infográficos na educação”. Assim, destaca-se que ainda existem poucos trabalhos que investiguem o real impacto desse tipo de visualização no aprendizado. Além disso, nenhum dos trabalhos mencionados verifica a interferência de fatores ligados aos sujeitos como o estilo de aprendizagem e satisfação. Observando que infográficos podem ser considerados a combinação de imagens e textos, ainda é possível questionar se as conclusões feitas por Mayer (2002a) sobre a efetividade da combinação entre informação visual e verbal também podem ser aplicadas aos infográficos.

2.3 Satisfação no processo de Ensino-Aprendizagem

Dentro do contexto educacional as pesquisas vêm provando que aprendizado não é apenas um processo cognitivo (BOULAY, 2011). Pesquisadores de diversas áreas que trabalham com Ciências Cognitivas têm reforçado a importância da motivação, emoção e outros elementos afetivos no processo de aprendizagem (VAIL, 1994; JOHN-STEINER, 2000). Para Piaget (1976) os interesses de um indivíduo definem suas atividades, logo, não há movimento cognitivo sem elemento afetivo que perturbe ou acelere a aprendizagem. Vygotsky (1994) afirma que o afeto

não pode ser separado da cognição, propondo a coesão entre os processos intelectuais, evolutivos e afetivos. Damásio (2002) destaca a forte influência da afetividade no raciocínio e tomada de decisões, bem como no processo de aprendizagem.

Scherer Klaus (2000) denominou os fatores emocionais como estados afetivos e classificou esses estados em emoções, humor, postura interpessoal, atitudes e traços de personalidade. Scherer (2005) ainda fragmenta o humor em cinco níveis: animado, desanimado, indiferente, ansioso e irritado. Bercht (2001) descreveu estado afetivo como a combinação de aspectos que caracterizam a emoção de um indivíduo em determinado momento. Humor e emoção distinguem-se em intensidade, duração e causa (objeto intencional). As emoções têm alta intensidade, curta duração e causa bem definida, ou seja, disparadas por um evento (SCHERER KLAUS, 2000). Uma emoção é um estado afetivo intencionado a um objeto (FRIJDA, 1994). Por exemplo, um indivíduo sempre possui um motivo para apresentar raiva ou felicidade, esse motivo é o objeto a que ele geralmente direciona sua emoção. Em relação ao estado de ânimo, Scherer Klaus (2000) o define como um estado afetivo difuso, de baixa intensidade mas longa duração e sem causa aparente. Para Frijda (1994), a principal característica que diferencia o humor da emoção é a falta de um objeto intencional. Logo, estados afetivos como irritado, deprimido e alegre são exemplos de humor.

Outros trabalhos abstraem a classificação dos aspectos afetivos. Por exemplo, o estudo de Izard, Kagan e Zajonc (1988) classificou as emoções em negativas e positivas, e apontou que, induzir uma emoção negativa em um indivíduo prejudica sua performance em tarefas cognitivas, enquanto emoções positivas beneficiam a execução dessas atividades. Existem diversos estudos que indicam os benefícios da afetividade positiva durante o processo de aprendizagem (REIS *et al.*, 2016; REIS *et al.*, 2015). Goleman (1996) chama a atenção para os sentimentos de depressão, mal humor e ansiedade, ressaltando que esses fatores negativos dificultam a aprendizagem. Febrilia e Warokka (2011) adotam a dimensionalidade para classificar o humor dos alunos e concluem que alunos tendem a gastar mais tempo em atividades que deixam seu humor mais positivo, enquanto que alunos com humor negativo tendem a cumprir as tarefas de maneira desatenta. Craig *et al.* (2004) divulgou que o estado de imersão na atividade têm correlação positiva com o aprendizado, ou seja, quanto mais imerso maior o aprendizado. Ao passo que o estado de tédio e o aprendizado tem correlação negativa, indicando que o aprendizado cai conforme o tédio aumenta. Linnenbrink e Pintrich (2002) investigaram a reação de alunos ao serem confrontados com informações que não se encaixam em seu nível atual de conhecimento. Os resultados mostraram que geralmente alunos em um estado emocional positivo tentam adaptar seus conhecimentos para assimilar o novo conceito, ao contrário de alunos em estados emocionais negativos que tendem a rejeitar o processo de aprendizagem.

As emoções também têm papel importante quando considerado o aprendizado suportado por computador. Aprendizes expostos a softwares educacionais implementados com elementos motivacionais tiveram níveis de motivação intrínseca mais altos. Como resultado, eles se tornaram

mais engajados na interação com os materiais de aprendizagem e aprenderam mais em um período de tempo fixado (CORDOVA; LEPPER, 1996). No mesmo sentido, Zakharov, Mitrovic e Johnston (2008) compararam duas versões de um agente pedagógico implementado em uma base de dados. A primeira versão do tutor adapta suas respostas à valência emocional do aluno (positiva ou negativa), enquanto a outra não. As análises mostraram que os alunos consideraram as intervenções do primeiro agente mais úteis e apropriadas ao contexto.

Reilly e Kort (2004) enfatizam a importância de identificar e relacionar os fatores emocionais e cognitivos do indivíduo a fim de facilitar a criação de experiências positivas de aprendizagem. Arnold (1960) é considerado o pioneiro na aplicação da abordagem cognitiva para analisar emoções. O cognitivismo considera que as emoções só surgem pela análise pessoal, considerando experiências pessoais, objetivos e oportunidade de ação (SMITH; ELLSWORTH, 1985; SCHERER; SCHORR; JOHNSTONE, 2001; ROSEMAN; SPINDEL; JOSE, 1990), feita de um evento ou objeto. Por exemplo, flexibilidade, pensamento criativo, tomada de decisão, e pensamento relacional têm sido associados com estados emocionais positivos, enquanto que estados negativos têm sido associados com atenção reduzida e processamento baseado em estímulo (CLORE; HUNTSINGER, 2007; FREDRICKSON; BRANIGAN, 2005; D'MELLO; GRAESSER, 2012). Emoções influenciam na sustentação da atenção, na composição de significados, e na formação da memória. Dessa forma, o estado emocional do indivíduo está fortemente relacionado com sua capacidade de aprendizado (LEDOUX, 1994). Do mesmo modo, o estado de ânimo positivo facilita o uso de habilidades cognitivas como memória, categorização, resolução de problemas, tomada de decisão e aprendizado (BRYAN; MATHUR; SULLIVAN, 1996).

As emoções podem ser classificadas e nomeadas em inúmeras formas, contudo neste trabalho, serão identificadas apenas por satisfação positiva ou negativa (GREEN, 1992; IZARD; KAGAN; ZAJONC, 1988; LANG, 1995). Essa definição tem sua base teórica nos trabalhos que agrupam as emoções em categorias amplas como positivo-neutro-negativo (LITMAN; FORBES-RILEY, 2006), que empregam modelos dimensionais das emoções, como duas ou mais dimensões (VUORELA; NUMMENMAA, 2004) e que mensuram as emoções por escalas do tipo Likert (ARROYO *et al.*, 2009; CONATI; MACLAREN, 2009). Essa perspectiva conceitua o aspecto emocional como tendo três dimensões básicas que variam em uma única faixa de emoções, suas variações e combinações resultam em todas as possibilidades de emoções. A primeira dimensão é chamada de valência (*valence*) ou prazer e varia de agradável à desagradável. A segunda dimensão considera o quão calmo ou alerta um estímulo pode ser considerado e é chamada de alerta (*arousal*). A última dimensão, dominância (*dominance*) varia de submisso a dominante. Neste trabalho, usa-se o termo satisfação e prazer, de forma intercalada, para se referir à valência emocional declarada pelo aluno durante o processo de aprendizagem suportado por computador.

2.4 Estilos de Aprendizagem

Segundo Naps *et al.* (2003), ao realizar um estudo que compara diferentes formatos de materiais de aprendizagem, é necessário considerar o impacto de características individuais como estilo de aprendizagem e perfil cognitivo nos resultados do estudo. Para ele, os alunos têm diferentes estilos para processar e receber informações. Esses estilos fazem com que alguns alunos fiquem mais confortáveis em receber informações na forma de textos, enquanto outros preferem extrair informação de visualizações. Do mesmo modo, alunos diferentes podem preferir processar informações de forma reflexiva, meditando sozinhos, enquanto outros preferem processamento ativo, por meio de experimentação.

A teoria de Estilos de Aprendizagem, basicamente recomenda que professores, tutores, e *designers* de materiais de aprendizagem considerem os estilos de aprendizagem dos alunos, que são avaliados por meio de instrumentos específicos, ao ensinar e desenvolver materiais de aprendizagem. Desse modo, segundo a teoria, é possível facilitar o aprendizado e permitir que o aluno utilize sua capacidade de aprender de forma plena (FELDER, 2002). Apesar de, para alguns autores, essa teoria soar intuitiva e válida, outros autores apontam dificuldades e imprecisões em diagnosticar e adequar o método de ensino aos estilos de aprendizagem (GUTIÉRREZ; ROGOFF, 2003; HOWARD, 2006; KIRSCHNER, 2016).

Assim, devido a controvérsia a respeito da confiabilidade da teoria de Estilos de Aprendizagem, este trabalho considerou o fator individual Estilo de Aprendizagem como uma das variáveis investigadas. Contudo, essa variável foi observada apenas nos resultados a respeito de sua interação com a aprendizagem, ou seja, nem o *design* experimental nem os instrumentos utilizados levaram em consideração essa teoria para sua preparação. A seguir são apresentados os fundamentos de cada uma das vertentes teóricas. A Subseção 2.4.1 apresenta as definições a respeito da teoria de Estilos de Aprendizagem e as assertivas da **vertente favorável** à teoria. Enquanto que na Subseção 2.4.2 a **vertente contrária** questiona e argumenta a falta de evidências dos benefícios e a confiabilidade dos instrumentos utilizados.

2.4.1 Vertente favorável a Estilos de Aprendizagem

Kolb (1984) afirma que cada indivíduo passa pelo processo de aprendizagem de maneira diferente. Para o autor, as abordagens para aprendizagem são individuais e adaptadas de acordo com hereditariedade, experiências pessoais e ambiente. Desse modo, algumas habilidades se desenvolvem mais em certos indivíduos do que em outros podendo mudar conforme o tempo como resultado da maturação.

Felder e Silverman (1988) consideram que o processo de aprendizagem envolve a recepção e o processamento de informação e concebem que o estilo de aprendizagem diz respeito à forma como o indivíduo prefere receber e processar essa informação. Bello (1990) acrescenta a essa definição a etapa de memorização, esclarecendo que estilo de aprendizagem é: “a maneira

pela qual a pessoa absorve, processa e retém a informação”. Campbell *et al.* (2000) adicionam que a preferência em relação ao meio de comunicar o conhecimento que foi adquirido também faz parte do estilo de aprendizagem. Felder (1996), os estilos de aprendizagem são característicos e dominantes na forma como as pessoas processam informações. Alguns aprendizes focalizam melhor dados e informações visuais enquanto outros preferem teorias e informações verbais. Moreno e Fuzatto (2000) argumentam que não basta classificar o estilo pessoal, é necessário caracterizar o conteúdo e o contexto que estão sendo trabalhados, pois cada indivíduo utiliza o modelo do ambiente em que está inserido para interpretar e aprender com os fenômenos ao seu redor. Machado, Margarida e Tarouco (2010) estende a teoria de estilos de aprendizagem para os materiais no formato de infográfico, afirmando que cada leitor de um mesmo infográfico trilha seu próprio processo de aprendizagem, baseado nas suas preferências e necessidades.

Em prol do aprendizado efetivo, os professores e desenvolvedores de materiais de aprendizagem devem reconhecer essas diferenças, já que elas podem afetar o modo como os alunos se sentem sobre o estudo e o sucesso das atividades e tarefas planejadas para esse processo (NAPS *et al.*, 2003). Segundo Felder (2002), o conflito mais comum na educação superior é entre o modo de exposição do conteúdo e o modo como os alunos aprendem. Os instrutores costumam apresentar primeiramente as teorias e princípios e depois apresentar como essas teorias podem ser aplicadas, enquanto a maioria dos alunos aparenta mais facilidade em aprender primeiro aplicações e detalhes e em seguida os princípios por trás do conteúdo. Assim, além de adequar as atividades do ensino, conhecer as características do indivíduo pode ajudar o professor a interagir com o aluno e a formar, por exemplo, grupos de trabalho mais produtivos (CAVELLUCCI; VALENTE, 2004). Muitas pesquisas confirmam que adequar a abordagem de ensino ao estilo de aprendizagem é um fator que facilita a construção do conhecimento (COFFIELD *et al.*, 2004; HAIDER; SINHA; CHAUDHARY, 2010; GRAF; LIU; KINSHUK, 2008; SANGINETO *et al.*, 2008).

As diferenças nos estilos de aprendizagem geralmente são representadas por modelos de aprendizagem. Esses modelos caracterizam diferentes aspectos do processo individual de aprendizagem de um aluno (KOLB, 1984; FELDER; SILVERMAN, 1988; RIDING; RAYNER, 1998). Neste trabalho será investigada a dimensão Visual-Verbal de estilos de aprendizagem baseada nas abordagens de Felder e Silverman (1988) e Riding e Rayner (1998), visto que são abordagens direcionadas ao ensino de ciências (NAPS *et al.*, 2003) e os materiais de aprendizagem investigados aqui variam em grau, de visual à verbal.

Riding e Rayner (1998) não definiram estilo de aprendizagem como uma preferência, mas sim sendo a abordagem individual de resposta à situações de aprendizagem. Em 1998, os autores publicaram o livro *Cognitive Styles and Learning Strategies* onde propõem apenas duas dimensões de estilos cognitivos:

- Holista (*holist*) ou Analítico (*analytic*): indica a tendência individual para organizar

informações em parte ou como um todo;

- Verbal (*verbal*) ou Imagético (*Imagery*): indica a tendência de representar seus pensamentos por meio de imagens ou verbalmente.

O modelo Felder-Silverman (FELDER; SILVERMAN, 1988) define a existência de 4 dimensões de estilo de aprendizagem, com dois extremos cada uma. Na dimensão de Processamento, por exemplo, a preferência do aluno pode variar de Ativo a Reflexivo:

- Percepção:
 - Sensorial: apreciam conhecimentos práticos e concretos, são orientados a fatos e procedimentos;
 - Intuitivo: apreciam conceitos, são orientados a teorias e significados subjacentes;
- Entrada:
 - Visual: preferem representações visuais como diagramas e figuras;
 - Verbal: preferem descrições escritas e faladas;
- Processamento:
 - Ativo: aprendem por prática, apreciam trabalhar em grupo;
 - Reflexivo: aprendem por raciocínio, preferem trabalhar sozinho;
- Compreensão:
 - Sequencial: pensam de forma linear, aprendem de forma incremental;
 - Global: pensam de forma global, aprendem em grandes etapas.

A dimensão Visual (Imagético)-Verbal indica por qual canal sensorial o indivíduo percebe informações de modo mais efetivo. Aprendiz de tipo Visuais utiliza mais a memória visual ou seja, gravam informações por meio de imagens, gráficos, quadros e filmes. Esses aprendizes costumam substituir as palavras por esquemas visuais. Por outro lado, aprendizes do tipo Verbais preferem ouvir ou escrever as informações. Para eles a aprendizagem ocorre por meio da repetição e leitura das palavras. A investigação da dimensão Visual-Verbal fornecerá maior riqueza na comparação do aprendizado por infográficos com aprendizado por texto, propiciando embasamento para as afirmações sobre o uso de visualizações no ensino suportado por computadores.

2.4.2 *Vertente contrária a Estilos de Aprendizagem*

Muitos autores apresentam análises críticas a respeito dos fundamentos que embasam a teoria de Estilos de Aprendizagem, questionando a validade e confiabilidade dos instrumentos utilizados para a classificação dos alunos em estilos, do mesmo modo que questionam a existência de evidências sobre os benefícios que a correspondência do estilo ao formato do material pode trazer para a aprendizagem (HOWARD, 2006).

A primeira incerteza é sobre a classificação dos aprendizes em grupos específicos e fixos. Para Druckman *et al.* (1991), não é possível classificar as pessoas em um número definido de classes e grupos, pois, as diferenças entre elas, seja qual for a dimensão estudada, é gradual e não nominal. Os adeptos da teoria de estilos de aprendizagem tendem a desconsiderar esse fato e utilizam critérios como escalas para atribuir uma pessoa a um estilo de aprendizagem específico (KIRSCHNER, 2016). No entanto, muitas pessoas não cabem em um único estilo em particular. Prashnig (2005, p. 2) explica que existem quarenta e nove (49) elementos ou dimensões diferentes que variam e se combinam em graus, indo de preferências fortes a nenhuma preferência. Para ela, isso torna inviável selecionar uma única característica em particular para rotular um aluno. Sanderson (2011) argumenta que, essa classificação em estilos também pode ser prejudicial do ponto de vista do aluno, deixando-os presos aos rótulos dados e reduzindo sua capacidade de responder à flexibilidade que o processo de aprendizagem exige. Para ele, a adaptabilidade ao contexto deve ser considerada ao avaliar as diferenças entre os alunos. Essa adaptabilidade permite que os alunos aprendam a aprender de diferentes maneiras, não deixando brecha para a existência de uma fórmula única que os professores podem aplicar para produzir o resultado desejado.

Muitas pesquisas afirmam que, de fato, os alunos são diferentes entre si e os professores deveriam estar cientes disso, pois essas diferenças afetam diretamente o desempenho do aluno (RIENER; WILLINGHAM, 2010). Do ponto de vista educacional, é mais recomendável observar as características essenciais que são comuns entre os alunos, por exemplo a arquitetura cognitiva discutida na Seção 2.1.1, do que na infinidade de estilos e preferências que podem divergir entre eles. É importante ressaltar que essa observação não contesta a existência de diferenças entre os alunos, mas ajuda a identificar quais diferenças realmente afetam o aprendizado e os métodos de ensino (KIRSCHNER; MERRIËNBOER, 2013). As diferenças de preferências individuais, por exemplo, são diferenças comprovadamente existentes entre os alunos que, no entanto, não afetam em nada o aprendizado, esteja o aluno utilizando seu formato preferido ou não (RIENER; WILLINGHAM, 2010). Riener e Willingham (2010) ainda afirma que não existem preferências individuais independentes do conteúdo e exemplifica dizendo que uma pessoa não pode decidir como prefere aprender um conteúdo (e.g. vendo um slide, lendo um texto, assistindo a um vídeo) sem saber que tipo de conteúdo ela deve aprender (e.g. uma equação, uma música, uma coreografia), e associa esse exemplo à abordagem de estilos de aprendizagem.

Outro ponto questionado pelos autores da vertente contrária a estilos de aprendizagem é

a confiabilidade das medidas e dos testes criados para classificar os alunos de acordo com o estilo de aprendizagem. Segundo Kirschner (2016), a confiabilidade das medidas é considerada baixa devido ao método de auto-declaração, geralmente utilizado nos testes. O trabalho de Veenman, Prins e Verheij (2003) descreve como a auto-declaração pode ser duvidosa para avaliar um estilo de aprendizagem. Segundo eles os alunos não estão dispostos e nem são capazes de declarar verdadeiramente o que preferem ou consideram que preferem. Massa e Mayer (2006) relatam em seu experimento que a declaração de preferência por informação verbal ao invés de visual dos alunos está fracamente relacionada às habilidades reais que os alunos têm (e.g. habilidades espaciais). No mesmo sentido, Clark (1982) também afirmou que as preferências declaradas pelos alunos não estavam relacionadas ao quanto os alunos aprenderam. Em outras palavras, os alunos que declararam preferência por um determinado modo de aprendizagem não se saíram melhor quando ele foi utilizado. Para Stahl (1999), o problema com os instrumentos de aferição de estilos de aprendizagem está no uso de “escolha forçada” para classificar os respondentes entre as categorias. Ele justifica que, para algumas questões, as pessoas tendem a responder sempre as mesmas opções. Por exemplo, a maioria das pessoas responderia que prefere uma demonstração à uma leitura ininterrupta para aprender conceitos de química por exemplo. No entanto, isso não significa que esses indivíduos têm um estilo visual. Assim, a autodeclaração do modo preferido de aprendizagem não representa um método válido de predizer o meio mais efetivo pelo qual alguém aprende (KIRSCHNER, 2016).

Os autores contrários à teoria de estilos de aprendizagem também contestam a premissa de que os aprendizes devem receber instruções por meio de métodos instrucionais que combinem com seus estilos de aprendizagem. Para eles, não existe base teórica para assumir que há interação entre estilos de aprendizagem e os métodos instrucionais (KIRSCHNER, 2016). Além disso, apontam a falta de evidência científica de que estilos de aprendizagem formam uma base concreta para apoiar a escolha do material de aprendizagem ou do método instrucional (KIRSCHNER; MERRIËNBOER, 2013). Em outras palavras, não existe evidência consistente de que utilizar um material de aprendizagem no formato correspondente ao estilo de aprendizagem de um aluno melhora a concentração, memória, aprendizado, etc. Coffield *et al.* (2004) afirmam que o campo de pesquisa em estilos de aprendizagem precisa de estudos mais amplos e independentes para avaliar as afirmações que são feitas. Além disso, os pesquisadores não podem ter compromisso com uma ou outra abordagem em particular e devem aplicar um design experimental que observa o efeito Hawthorne, que é quando os sujeitos experimentais alteram seu comportamento devido ao conhecimento de estarem sendo observados. Só assim, é possível testar, por exemplo, qual o alcance do impacto que essa abordagem tem e quanto tempo os supostos ganhos duram.

Apesar das críticas realizadas contra os estilos de aprendizagem (CURRY, 1990; DOYLE; RUTHERFORD, 1984; GUTIÉRREZ; ROGOFF, 2003; KAMPWIRTH; BATES, 1980; SNIDER, 1990; STAHL, 1999), elas tiveram pouco impacto em impedir o uso dessa abordagem na educação. Logo, parece existir um apelo convincente sobre a teoria. De fato, existe uma grande indústria que se desenvolveu ao redor dessa teoria que inclui livros, vídeos e consultorias para promover

seu uso na educação. Para Howard (2006), a promessa de uma solução simples para resolver os problemas educacionais relacionados à melhorar aprendizado, motivação, e comportamento é uma das ilusões aceitas por professores. Outro motivo é a explicação plausível que os autores dão sobre o porque alguns estudantes não vão tão bem quanto poderiam ir. Além disso, a abordagem de estilos de aprendizagem enfatiza mais o modo como os alunos aprendem ou deixam de aprender e menos no modo como determinado assunto deveria ser ensinado. Finalmente, a abordagem de estilos de aprendizagem é inclusiva, afirmando que não existe aluno incapaz de aprender, existe apenas um professor que não aprendeu qual a abordagem de ensino correta (COFFIELD *et al.*, 2004).

Em suma, os instrumentos para estilos de aprendizagem não mostraram ser confiáveis e válidos e não existe benefício comprovado em combinar o formato da instrução ao estilo de aprendizagem preferido pelo aluno. Kirschner e Merriënboer (2013) recomendam que ao planejar materiais de aprendizagem devem ser consideradas as diferenças entre os alunos, no entanto, é preferível avaliar as habilidades cognitivas dos usuários ao invés de estilos de aprendizagem. As habilidades cognitivas são objetivas (e não subjetivas) ao predizer qual o modo mais efetivo de aprendizagem para uma pessoa. Ainda, as habilidades cognitivas são (devem ser) medidas objetivamente em uma escala ordinal, ao invés de auto-declarações consideradas subjetivas como ocorre em estilos de aprendizagem.

2.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou conceitos importantes para definir o escopo da dissertação. Foram expostos os trabalhos da literatura que servem de base para os temas: visualização da informação, infográficos na educação, satisfação e estilos de aprendizagem. É essencial entender as principais pesquisas envolvendo cada um dos conceitos e a forte relação deles com a educação suportada por computador, para então refletir sobre a construção mais efetiva dos ambientes que suportam essa modalidade de educação. Além disso, entre as definições da literatura sobre cada tema, é relevante fornecer detalhes sobre qual é a abordagem escolhida para este trabalho de mestrado e no que ela está fundamentada.

INSTRUMENTAÇÃO

Neste capítulo estão descritos os instrumentos utilizados para a execução da etapa de experimentação deste trabalho. Alguns dos instrumentos descritos aqui têm sua origem e uso bem consolidados na literatura, como é o caso do questionário para estilo de aprendizagem (N-ILS) e da ferramenta para auto-declaração de satisfação dos alunos (SAM). Outros recursos foram preparados especificamente para este estudo, por exemplo, o ambiente online em que os sujeitos realizaram as atividades do experimento, os questionários de conhecimento, as questões-tema e os materiais de aprendizagem.

3.1 Seleção dos Materiais de Aprendizagem

Um dos objetivos deste trabalho é mensurar o aprendizado e a retenção de conhecimento por meio do uso de infográficos como material de aprendizagem. Para isso, os sujeitos devem ter acesso a conceitos e informações sobre determinados tópicos, apresentados em formato de infográficos, e serem avaliados sobre o conhecimento que adquiriram com esse tipo de material. Assim, o principal material necessário é um conjunto de infográficos para estudo.

De imediato, foi considerado inviável desenvolver (criar) um conjunto grande de infográficos a partir de temas pré-selecionados. O processo de criação de infográficos com qualidade envolve tarefas que exigem conhecimentos específicos como ilustração, design gráfico e redação. Assim, optou-se por utilizar infográficos prontos e focar em uma seleção com critérios bem estabelecidos.

A princípio, foram pré-selecionados trinta infográficos disponíveis na internet, encontrados por meio de uma busca simples por imagem no sistema de busca da google¹ utilizando o termo genérico “infográfico”. Esse conjunto inicial foi escolhido primeiramente com base na apresentação visual que é característica dos infográficos (veja Seção 2.2), pelo uso da língua

¹ www.google.com.br

portuguesa (português-BR) e pela disponibilidade de download. Os temas não foram restritos à nenhuma área de conhecimento nessa etapa da seleção. Assim, foram selecionados infográficos com temas diversos, tais como saúde, tecnologia, meio-ambiente e outros.

Em uma primeira análise do design do experimento com especialistas, foi previsto que os alunos ficariam cansados e desmotivados ao realizar uma atividade muito longa contendo os trinta infográficos pré-selecionados. Assim, foram definidos alguns critérios para definir um subconjunto que seria utilizado na fase de experimentação. Primeiramente, foram descartados os infográficos com baixa resolução. Ao aplicar a ferramenta de *zoom* muitos perderam a qualidade, prejudicando a leitura dos textos com fontes menores. Como segundo critério foi estabelecida a obrigatoriedade da presença de elementos gráficos, ou seja, dados numéricos representados de forma gráfica. Alguns infográficos apresentavam os elementos de design e as ilustrações associados ao texto mas em uma leitura detalhada, não continham dados que pudessem ser representados na forma de gráficos simples. Finalmente, o terceiro e último critério foi definido com base na temática dos infográficos. Foram removidos infográficos com temas muito específicos como química e tecnologia. Essa seleção de domínio foi feita na tentativa de dissipar conhecimentos prévios que possam favorecer determinados sujeitos. Permaneceram apenas infográficos com temas suficientemente genéricos, considerados de conhecimento comum pelos especialistas.

Por fim, foram mantidos quinze infográficos para serem aplicados como material de aprendizagem. A Tabela 1 apresenta os quinze infográficos selecionados, obtido após a aplicação dos critérios de redução. Os infográficos em formato PNG e JPEG estão disponíveis no *LabPackage* do experimento em <<http://kamilalyra.github.io/Experimento-Infograficos/>>.

Nas seções seguintes são apresentados o processo para conversão dos infográficos e geração dos materiais de aprendizagem (Subseção 3.1.1), bem como o *framework* para classificação da complexidade dos infográficos (Subseção 3.1.2).

3.1.1 Conversão dos Infográficos

A fim de confrontar o aprendizado e retenção de conhecimento por meio de infográficos com outros materiais de aprendizagem, o conjunto final de quinze infográficos foi convertido para outro dois formatos: o formato texto puro e o gráfico+texto. Os formatos utilizados foram pensados para representar os materiais instrucionais tradicionais que não utilizam ilustrações ou elementos de *design* para cativar o leitor, comuns no ensino suportado por computador.

- a **Texto puro:** apresenta todas as informações presentes no infográfico mas apenas no formato textual, não utilizando nenhum recurso ilustrativo ou de design. Esse formato apresenta todo o texto em fonte preta Calibri, tamanho 11 - 12 impresso em um fundo branco. Foram usados recursos como negrito e centralizado para destacar títulos. A Figura 3 apresenta um exemplo do resultado da conversão para texto puro da Figura 1. O uso do

Tabela 1 – Infográficos selecionados

Id	Título	Tema
1	A água que você não vê	consumo de água
2	Bebidas com Cafeína	nutrição
3	O Efeito Estufa	meio ambiente
4	Lâmpadas LED, Muito mais economia!	consumo de energia
5	Curiosidades Sustentáveis	reciclagem
6	Feitos Para Não Durar	consumo de bens
7	O Açúcar	nutrição
8	Mortes por Raios no Brasil	raios no Brasil
9	Nuvem de fumaça	poluição
10	Mercado Mobile no Brasil	tecnologia
11	Bicicletário: A Evolução da Bicicleta	transporte
12	O Preço da sua Saúde	preços de exames
13	Quanta comida é desperdiçada no mundo?	desperdício de alimentos
14	Brasil: A Terra da Mandioca	nutrição
15	Uma nova Matriz: Reciclagem Energética	geração de energia

Fonte: Dados da pesquisa.

A água que você não vê	
<p>Você consome sem perceber. Veja o quanto de água potável é necessário para produzir itens do seu cotidiano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cerveja (1 litro) - 5,5 Litros; • Arroz (1 kg) - 2.500 Litros; • Manteiga (1 kg) - 18.000 Litros; • Leite (1 kg) - 712,5 Litros; • Queijo (1 kg) - 5.280 Litros; • Batata (1 kg) - 132,5 Litros; • Carne de boi (1 kg) - 17.100 Litros; • Banana (1 kg) - 499 Litros; • Carne de frango (1 kg) - 3.700 Litros. 	

Figura 3 – Formato texto puro para o infográfico "A água que você não vê"

Fonte: Elaborada pelo autor.

formato texto puro servirá de variável de controle nas configurações do experimento aqui apresentado.

- b **Gráfico+texto:** associa textos à gráficos simples, sem utilizar figuras. Todas as ilustrações e elementos de *design* são removidos, e toda informação visual é transcrita, mas mantendo as representações gráficas para dados. A Figura 4 apresenta um exemplo do resultado da conversão para gráfico+texto da Figura 1.

Figura 4 – Formato gráfico+texto para o infográfico "A água que você não vê"

Fonte: Elaborada pelo autor.

O processo de conversão para os formatos texto puro e gráfico+texto foi validado por dois especialistas (denominados A e B) para garantir que exatamente as mesmas informações que estão presentes nos infográficos estivessem nos gráficos+texto e nos textos puros. De posse dos 15 infográficos realizou-se a conversão de cada um para os outros dois formatos, gerando 15 textos puros e mais 15 gráficos+textos. Para isso foi utilizado o editor de texto Microsoft Word tanto para a geração do conteúdo textual quanto para a construção dos gráficos, a fim de facilitar edição, compartilhamento e a exportação para o formato PNG. As conversões foram então revisadas pelo especialista A, garantindo que nenhuma informação estivesse faltando, melhorando a apresentação e escrita. A partir dessa primeira revisão foi gerada uma segunda versão das conversões, tanto para o texto puro quanto para gráfico+texto. Essa segunda versão foi validada pelo especialista B confrontando-as com os infográficos originais e garantindo a equivalência, gerando então, a versão final das conversões.

As conversões dos 15 infográficos selecionados para os formatos texto puro e gráfico+texto estão disponíveis no LabPackage do experimento em <<http://kamilalyra.github.io/Experimento-Infograficos/index.html>>.

3.1.2 Framework para Classificação da Complexidade dos Infográficos

Além do tipo de visualização (infográfico, gráfico+texto ou texto puro), existem outros fatores que podem influenciar no aprendizado final. Um fator, diferente do formato utilizado, mas que também está ligado ao material de aprendizagem é a quantidade de informação presente na visualização. Imagine que as investigações realizadas neste trabalho concluam que os alunos que utilizaram infográficos aprenderam mais do que os alunos que utilizaram os outros dois formatos de material de aprendizagem (texto puro e gráfico+texto). Além disso, suponha que as questões referentes aos infográficos maiores e mais complexos foram as que os alunos tiveram mais dificuldade para responder. Nesse contexto, surge a seguinte questão “*os infográficos são adequados para qualquer quantidade e complexidade de informação que se deseja representar?*”, ou seja, “*a complexidade desse tipo de material pode influenciar no aprendizado e retenção de conhecimento?*”.

No intuito de levantar indícios para responder esse questionamento, foi necessário classificar o conjunto de 15 infográficos de acordo com sua complexidade. No entanto, não é possível classificar um infográfico apenas visualmente, pois, isso torna o processo de classificação demasiadamente subjetivo. Assim, foi realizada uma busca por frameworks ou diretrizes (*guidelines*) que pudessem ser aplicados para verificar a complexidade dos infográficos. Contudo, não foram encontrados trabalhos nesta perspectiva, visto a atualidade do termo.

Segundo (SMICKLAS, 2012) os infográficos são tipos de visualização de informação, assim, pesquisou-se por frameworks de complexidade que pudessem ser aplicados à visualização de informação e adaptados aos infográficos. Os resultados encontrados serviram de base para definir as variáveis que precisam ser consideradas ao classificar a complexidade de um infográfico e propor, então, um framework específico para visualização de informação do tipo infográfico.

O *framework* proposto avalia três dimensões de complexidade presentes nos infográficos: a complexidade **visual**, a complexidade **textual** e a complexidade **conceitual**. Essa seção descreve os fundamentos teóricos utilizados para a construção desse *framework* e apresenta um exemplo de como ele pode ser aplicado.

Complexidade Visual

O conjunto de informações visuais transmitidas por um infográfico pode ser muito variado. A forma, a posição, a cor e outros atributos de cada elemento visual podem ter significados diferentes. Segundo a Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER, 1988), quanto mais informações associadas à forma de apresentação de um conteúdo, maior a carga cognitiva estranha. Quando isso ocorre, o aluno pode dedicar muito processamento à informação irrelevante e prejudicar o processamento do conteúdo e do conhecimento que realmente precisa ser adquirido. Assim, a complexidade visual de um infográfico pode ser dada pela demanda de carga cognitiva do leitor, tanto intrínseca quanto estranha.

Figura 5 – Hierarquia de camadas em uma visualização

Fonte: Adaptada de Zhu, Suo e Owen (2007).

A fim de obter um indicador da carga cognitiva associada à compreensão dos infográficos, foi utilizado o método proposto por Zhu, Suo e Owen (2007) para análise da complexidade de visualizações de informação. Zhu, Suo e Owen (2007) consideram um conjunto de fatores que influenciam no processamento eficiente da informação visual baseado nas teorias psicológicas da Carga Cognitiva (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2011), de Gestalt (KING; WERTHEIMER, 2005) e *Guided Visual Search* (WOLFE; HOROWITZ, 2004). O método é caracterizado pela análise hierárquica dos elementos visuais que são classificados em cinco camadas contidas umas nas outras, conforme ilustrado na Figura 5. A menor camada é chamada de unidade visual. Em um infográfico uma unidade visual pode apresentar diferentes formatos, por exemplo: ponto, linha, forma 2D (figura, ícone), objeto 3D, texto, imagem (foto). Cada unidade visual é caracterizada por seis tipos de atributos (BERTIN, 1983): posição, tamanho, forma, cor, orientação e textura. Quando um conjunto de unidades visuais são claramente percebidas como um grupo, segundo os princípios de proximidade, semelhança, fechamento, continuidade, simetria e pregnância, definidos por Gestalt (KING; WERTHEIMER, 2005), eles formam um padrão visual, que por sua vez, quando agrupados identificam um quadro visual. O conjunto de quadros visuais totais de uma visualização formam a área de trabalho existente em um infográfico.

Cada dado ou informação presente em um infográfico está mapeado a um atributo diferente de uma unidade visual. Por exemplo, na Figura 6, o dado “10” está ligado ao atributo “forma”(meio círculo) representado no gráfico de pizza. Do mesmo modo, o dado “1º Tri” (primeiro trimestre) está ligado ao atributo “cor”. Isso faz com que o leitor, além de precisar memorizar o mapeamento entre o dado e o atributo, também precise interpretar o valor desses atributos: “*O que essa cor significa? O que essa forma representa?*”. Assim, o esforço mental para fazer essa interpretação é a principal fonte de carga cognitiva estranha.

É no conceito de carga cognitiva estranha que está baseada a classificação da complexidade visual. Para quantificar essa complexidade, cada atributo de cada unidade visual presente no infográfico recebe uma pontuação de complexidade que varia de 0 a 5. Esse valor representa

Figura 6 – Exemplo de mapeamento entre atributos e informações

Fonte: Elaborada pelo autor.

a dificuldade de se interpretar o atributo e o dado ligado a ele. Os critérios que estabelecem o grau de dificuldade foram baseados no estudo de Zhu, Suo e Owen (2007) e são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valor de complexidade para atributos das unidades visuais

Valor de Complexidade	Critério
5	Muito difícil de interpretar. Não há legenda. O leitor é obrigado a memorizar a relação entre o valor do atributo e o valor do dado.
4	Difícil de interpretar. O leitor precisa consultar a legenda frequentemente.
3	Um pouco difícil de interpretar. O leitor precisa consultar a legenda ocasionalmente.
2	Fácil de interpretar. O leitor só precisa consultar a legenda uma vez.
1	Isso é de conhecimento comum. Não há necessidade de memorização ou legendas.
0	Atributo sem dimensão.

Fonte: Adaptada de Zhu, Suo e Owen (2007).

Desse modo, para calcular a complexidade de uma **unidade visual**, deve-se somar os pontos de todos os **atributos** dessa unidade visual. Logo, a complexidade de um **padrão visual** é calculada pela soma das complexidades de todas suas unidades visuais. Do mesmo modo, a complexidade de um **quadro visual** é obtida pela soma das complexidades de todos os **padrões visuais** dentro dele. Por fim, a **complexidade final** do infográfico é dada pela soma das complexidades de seus **quadros visuais**.

No intuito de exemplificar o cálculo da complexidade visual, será utilizado o infográfico “A água que você não vê” (Figura 1). O primeiro passo consiste em identificar todas as unidades visuais do infográfico. A partir da Figura 7 é possível observar que cada ícone representando a torneira é uma unidade visual, assim como cada ícone representando o produto (ex., galinha,

Figura 7 – Exemplo de análise da complexidade visual para o infográfico "A água que você não vê"

Fonte: Elaborada pelo autor.

banana, boi, queijo, entre outros). Outras unidades visuais desse infográfico são: a esteira abaixo dos produtos, cada uma das gotas de água, cada texto acima das torneiras (ex., cerveja 1L, arroz 1 kg, entre outros), cada linha tracejada vertical separando os produtos, o título do infográfico, a descrição do infográfico, cada texto representando a quantidade de água (ex., 5,5 litros, 2500 litros, 18000 litros, entre outros).

O conjunto de unidades visuais agrupadas, como as gotas de água, as torneiras, os ícones representando os produtos, formam um padrão visual, identificado na Figura 7 pelo retângulo tracejado em vermelho. Outros padrões visuais que podem ser identificados nesse infográfico são: a esteira abaixo dos produtos (um padrão com apenas uma unidade visual), o conjunto de textos acima das torneiras (cerveja 1L, arroz 1 kg, entre outros), o conjunto de linhas tracejadas verticais separando os produtos, o conjunto de textos representando a quantidade de água (5,5 litros, 18000 litros, entre outros), o conjunto de textos na parte superior do infográfico (título e descrição).

Finalmente, o conjunto de padrões visuais identificados na Figura 7 compõem o único quadro visual presente no infográfico, visto que não há separação nítida entre esse conjunto de padrões. Desse modo a área de trabalho do infográfico é composta apenas por esse quadro visual.

Após todos os elementos visuais da hierarquia serem identificados, o segundo passo consiste em atribuir os valores de complexidade aos atributos de cada unidade visual segundo os critérios da Tabela 2. A Tabela 3 exibe o valor de complexidade dado para cada atributo de cada unidade visual da Figura 7. A soma desses valores forma a complexidade da unidade visual. Assim, a Tabela 3 mostra que a unidade visual 55 (ícone galinha) somou um total de 3 pontos de complexidade, pois recebeu 2 pontos para o atributo "forma" e 1 para o atributo "posição".

A soma das complexidades das unidades 47 - 55 forma a complexidade do padrão visual 8. Do mesmo modo, a soma das complexidades dos padrões 1 - 9 formam a complexidade do quadro visual, que por sua vez resulta na complexidade visual do infográfico completo, visto que existe apenas esse quadro visual. Assim, a complexidade visual final do infográfico “A água que você não vê” resultou em **209** pontos.

Tabela 3 – Pontuação de complexidade visual para o infográfico “A água que você não vê”

	Área	Infográfico “A água que você não vê”																	
	Quadro	Quadro 01																	
	Valor	209																	
	Padrão	1	2	3	4	5	6	7	8								9		
	Valor	2	8	27	18	63	40	16	32								3		
	Unidade	01	02	03	04-12	13-21	22-30	31-38	39-46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Atributos	Cor	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Forma	2	1	1	1	1	2	1	1	2	4	3	3	2	4	1	2	2	
	Posição	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Orientação	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Tamanho	0	1	1	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Textra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Complexidade Textual

Com base no método de análise de complexidade visual definido por (ZHU; SUO; OWEN, 2007), neste trabalho o texto dissolvido no infográfico será tratado como uma unidade visual, visto que eles também interferem na percepção do infográfico. Cada conjunto de texto agrupado por uma caixa de texto, com fonte e cores semelhantes, foi contabilizado como uma unidade visual e o valor para seu atributo "forma" foi fixado no valor 1. No entanto, não podemos considerar um texto apenas como uma unidade de informação visual, é necessário também considerar a complexidade de leitura das palavras e frases nele contidas. Dessa forma, foi preciso associar o método de análise de complexidade visual a um método capaz de medir a complexidade textual presente no infográfico. Na literatura, esses métodos são chamados de teste de legibilidade (*readability test*).

Existem várias abordagens diferentes para medir a legibilidade de um texto (SCHWARM; OSTENDORF, 2005; COLLINS-THOMPSON; CALLAN, 2004; STENNER, 1996; KINCAID *et al.*, 1975; FRY, 1968; DALE; CHALL, 1948; FLESCH, 1948). Neste trabalho optamos por utilizar o teste de "Facilidade de Leitura de Flesch" (*Flesch Reading Ease* - FRE) (FLESCH, 1948), que é um teste consolidado, popular e simples de ser aplicado, pois não exige nenhuma ferramenta, além de possuir uma fórmula adaptada ao idioma português (português-BR). FRE é o teste utilizado pelo editor de texto Microsoft Word® para calcular a legibilidade de documentos

de texto.

A fórmula leva em consideração o número de sílabas, de palavras e de frases em um texto. O resultado é dado em uma escala com valores de 0 a 100, sendo que quanto mais alto o valor mais fácil é a leitura do texto. A fórmula para o idioma inglês é dada por:

$$Readability = 206,835 - (1,015 \times ASL) - (84,6 \times ASW)$$

Para o idioma português a fórmula é acrescida de 42 pontos que, de acordo com Martins *et al.* (1996), é, na média, o número que diferencia textos no idioma inglês de textos no idioma português.

$$Legibilidade = 248,835 - (1,015 \times ASL) - (84,6 \times ASW)$$

Onde: ASL é o total de palavras no texto dividido pelo total de frases; ASW é dado pelo total de sílabas dividido pelo total de palavras. Os valores desse índice variam entre 100-75 (muito fácil), 75-50 (fácil), 50-25 (difícil) e 25-0 (muito difícil), que correspondem, respectivamente, às séries da educação primária (1^a-4^a (muito fácil) e 5^a-8^a (fácil)), secundária (1^o-3^o (difícil)) e ensino superior (muito difícil).

A título de exemplo, a fórmula de FRE será aplicada para calcular a complexidade textual do infográfico “A água que você não vê” (Figura 1). O primeiro passo é contar o número de palavras (24), o número de sílabas (48) e o número de frases (3) no texto. Como regra são considerados apenas títulos e parágrafos completos de texto, ou seja, legendas, logos e referências não são contabilizados. Em seguida, os valores são colocados na fórmula e é calculada a complexidade textual. Desse modo, o valor resultante para o infográfico “A água que você não vê” foi **71,515**, colocando o infográfico na categoria “fácil” e adequado para leitura de alunos de 5^a à 8^a série.

$$Legibilidade_{(info_água)} = 248,835 - (1,015 \times (24 \div 3)) - (84,6 \times (48 \div 24))$$

$$Legibilidade_{(info_água)} = 71,515$$

Complexidade Conceitual

Além de considerar a carga cognitiva imposta pelos elementos Visuais e pelos elementos Textuais do infográfico, também é necessário considerar o processamento dos conceitos presentes no material. Estudos consideram que quatro elementos processados simultaneamente é o limite ideal para promover processamento efetivo (BROADBENT, 1975; COWAN, 2010; HALFORD; ANDREWS; JENSEN, 1998). No entanto, Halford, Wilson e Phillips (1998) afirmou que a capacidade de processamento humana não deve ser definida de acordo com o número de itens que ocupam a memória de trabalho, mas sim de acordo com a complexidade das relações que podem ser processadas em paralelo. Assim, o trabalho de Halford (HALFORD; WILSON; PHILLIPS, 1998; ANDREWS *et al.*, 2003; ANDREWS; HALFORD, 2002) propõe a **Teoria da Complexidade Relacional** (*Relational Complexity Theory* - RCT) também como método para quantificar a complexidade de informações.

Para a RCT, a complexidade de uma relação é dada pelo número de argumentos que ela contém. Assim, as relações podem ser unárias, binárias, ternárias, quaternárias, e assim por diante. Uma relação classificada como binária possui dois argumentos. Por exemplo, a relação “maior que” compreende dois argumentos, uma entidade maior e outra menor. As relações são representadas formalmente por: *relação(argumento1, argumento2)*. Desse modo, a relação “maior que” seria representada por *maior-que(argumento1, argumento2)*, podendo conter várias instâncias diferentes como *maior-que(elefante, rato)*, *maior-que(ônibus, bicicleta)*.

A RCT se baseia no limite de quatro elementos que podem ser mantidos na memória de trabalho para afirmar que o processamento humano também fica restrito a processar relações de no máximo quatro argumentos (relações quaternárias). Assim, um dos pressupostos da RCT é que, para diminuir a complexidade conceitual de um material, as relações maiores devem ser quebradas em relações menores. Por exemplo, a frase “Maria joga bola no parque” é classificada como uma relação ternária, sendo representada por *jogar(pessoa, jogo, lugar)*. A relação ternária possui complexidade maior do que duas relações binária como *jogar(pessoa, jogo)* e *é-jogado-em(jogo, lugar)*. Apesar da RCT oferecer alicerce teórico para identificar as relações e qual o grau de complexidade entre elas, não é fornecida nenhuma medida quantitativa para as complexidades. Com o intuito de obter uma variável numérica que possa ser adicionada às medidas de Complexidade Visual e Textual, nós propomos valores para as complexidades relacionais, com base nos pressupostos da RCT.

Segundo a RCT: $r(x_1) < r(x_1, x_2) < r(x_1, x_2, x_3) < r(x_1, x_2, x_3, x_4)$, logo, são propostos os seguintes valores numéricos, baseados na menor unidade, para cada grau de relação:

- $r(x_1) = 1$;
- $r(x_1, x_2) = 3$;
- $r(x_1, x_2, x_3) = 5$;
- $r(x_1, x_2, x_3, x_4) = 7$;

Esse valores foram planejados para cumprir a premissa de que relações com mais argumentos são mais complexas do que várias relações menores, desde que o número de argumentos não seja ultrapassado. Um exemplo pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 – Exemplo de valores quantitativos para complexidade conceitual

RCT	Medida Quantitativa
$r(x_1, x_2) > (x_1) + r(x_1)$	$3 > 1 + 1$
$r(x_1, x_2, x_3) > (x_1) + r(x_1, x_2)$	$5 > 1 + 3$
$r(x_1, x_2, x_3, x_4) > (x_1, x_2) + r(x_1, x_2)$	$7 > 3 + 3$
$r(x_1, x_2, x_3, x_4) > (x_1, x_2, x_3) + r(x_1)$	$7 > 5 + 1$

Tendo como exemplo o infográfico “A água que você não vê” (Figura 1) é possível determinar o valor da complexidade conceitual do infográfico utilizando as medidas propostas para a Teoria de Complexidade Relacional. O primeiro passo é identificar as relações existentes no infográfico e suas ordens. A Tabela 5 exibe o conceito do infográfico (Informação) transformado em relações e quantificado (Valor). A complexidade conceitual final do infográfico é 4.

Tabela 5 – Exemplo de complexidade conceitual para o infográfico “A água que você não vê”

Informação	Relações	Valor
Quantidade de água necessária para produzir um item	quantidade (x) + produz(água, item); $x = \{\text{água, item}\}$	$1+3 = 4$

3.2 Questionários de Conhecimento

Para ser utilizado como ferramenta na coleta de dados sobre aprendizado e retenção de conhecimento foi desenvolvido um questionário de conhecimento referente às informações presentes nos materiais de aprendizagem utilizados (infográfico, gráfico+texto e texto puro).

O questionário de conhecimento possui três objetivos diferentes dependendo do momento em que está sendo aplicado no experimento. Quando aplicado sete dias antes da interação com o material de aprendizagem, ele tem o objetivo de identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre os assuntos que serão estudados. Esse conhecimento prévio servirá de valor inicial para calcular o quanto um aluno ganhou ou reteve de conhecimento nas outras fases do experimento. Quando aplicado logo após a interação com o material de aprendizagem, o questionário de conhecimento tem como propósito identificar o conhecimento adquirido de imediato. Finalmente, quando aplicado sete dias após a interação com o material de aprendizagem, o questionário é usado para medir o conhecimento retido após esse período.

O questionário é composto de 45 questões formuladas com base no conteúdo dos 15 infográficos selecionados, logo, para cada infográfico foram elaboradas três perguntas objetivas (i.e. múltipla escolha) com quatro opções de respostas, sendo uma a resposta correta e duas são alternativas erradas, não necessariamente apresentadas nessa ordem. A última alternativa para todas as questões é sempre a opção “Não sei”. Essa alternativa foi utilizada como estratégia para desencorajar o “chute” (i.e. selecionar uma alternativa sem saber realmente a resposta da questão). Desse modo, espera-se nos resultados dos experimentos menor probabilidade de ocorrerem falsos acertos, ou seja, casos em que o aluno não sabe a resposta mas acerta por meio do “chute”.

As aplicações do questionário foram espaçadas em sete dias para evitar o efeito de memorização das questões. Além disso, o questionário foi reescrito de três formas, usando vocabulários diferentes, cada forma foi aplicada em uma fase diferente do experimento (pré-teste, intervenção e pós-teste, teste de retenção). Esse processo de reescrita foi validado por dois

pesquisadores. A primeira validação, feita pelo pesquisador A, teve como proposta garantir que a interpretação de cada uma das questões não fosse alterada nas outras duas formas de escrita. Na segunda validação, o pesquisador B verificou se as respostas para as questões poderiam ser encontradas nos formatos texto puro e gráfico+texto de material de aprendizagem (veja Seção 3.1), visto que as questões foram geradas a partir dos infográficos.

Outro tipo de questão criada para o experimento mas sem o objetivo inicial de medir aprendizado é a questão-tema. No projeto do experimento, os alunos interagem com 15 materiais de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto ou texto puro), um após o outro. A questão-tema é aplicada entre uma visualização e outra para evitar que os sujeitos simplesmente passem pelos materiais sem uma leitura adequada. Foram formuladas 15 questões-tema, uma para cada infográfico, sendo que a pergunta é sempre a mesma: “Qual o tema para o infográfico/texto/material anterior?”. O sujeito deve selecionar a resposta com o tema correto do material que acabou de visualizar entre as quatro alternativas possíveis. Esse tipo de questão não possui a opção “Não sei.” entre as alternativas.

Os questionários de conhecimento com 45 questões em três formas diferentes e as 15 questões-tema podem ser encontrados no Apêndice A e no LabPackage do experimento em <<http://kamilalyra.github.io/Experimento-Infograficos/index.html>>.

3.3 Questionário para Estilo de Aprendizagem

Visto que estão sendo aplicados três materiais de aprendizagem que diferem muito na presença de elementos gráficos e visuais (infográfico, gráfico+texto e texto puro), é possível que os bons ou maus resultados no aprendizado estejam associados às preferências individuais dos sujeitos do experimento e não somente com o tipo de material utilizado. Muitas pesquisas confirmam que adequar a abordagem de ensino ao estilo de aprendizagem do aluno facilita a construção do conhecimento (HAIDER; SINHA; CHAUDHARY, 2010; GRAF; LIU; KINSHUK, 2008; SANGINETO *et al.*, 2008).

O fator estilos de aprendizagem pode interagir com as medidas principais de aprendizado e retenção de conhecimento. Isso significa que um aluno que utilizou infográficos pode ter melhores resultados no aprendizado e retenção de conhecimento em virtude do seu estilo de aprendizagem ser visual, e não unicamente em função do uso de infográficos. É importante identificar esses tipos de fatores para que seja possível isolar a medida de aprendizado do aluno e desse modo dizer que ela é (ou não) mérito apenas do tipo de material de aprendizagem utilizado.

Para identificar a interferência dos estilos de aprendizagem é preciso caracterizar os alunos segundo o canal pelo qual eles preferem receber informações, chamado canal de entrada segundo Solomon e Felder (2005). Os estudantes podem ser classificados em visuais ou verbais. Segundo Solomon e Felder (2005), os alunos são favorecidos quando o material é adequado ao seu estilo de aprendizagem. Logo, no contexto do experimento proposto neste trabalho, é

esperado que os alunos visuais sejam favorecidos pelo uso de infográficos e os alunos verbais pelo uso do formato texto puro (mais detalhes na Seção 2.4).

Soloman e Felder (2005) desenvolveram com base na teoria dos estilos de aprendizagem (FELDER; SILVERMAN, 1988) um teste para classificar os estudantes conforme suas características de aprendizagem. Denominado de *Index of Learning Styles* (ILS), o teste é composto de 44 questões com duas alternativas de resposta para cada questão, sendo que é obrigatória a escolha de uma das alternativas. Cada dimensão dos estilos de aprendizagem (veja Seção 2.4) está representada por 11 questões e cada alternativa representa um dos pólos da dimensão. Apesar da vasta utilização desse teste, os estudos de validação para a versão traduzida do ILS (LOPES, 2002) concluíram que a eficácia do instrumento estava comprometida no contexto brasileiro. Com base nisso, Junior (2012) construiu e validou uma nova versão do ILS para a língua brasileira, o *New Index of Learning Style* (N-ILS) que foi utilizado neste trabalho.

Em contraste com a versão original, o N-ILS possui apenas 20 questões. O autor considerou que, por ser um teste de comportamento e muito sensível a ruídos, a longa extensão do teste original poderia implicar em respostas aleatórias (JUNIOR, 2012). Desse modo, no N-ILS cada uma das quatro dimensões está associada a cinco questões. As questões permanecem com duas opções de resposta, cada opção se referindo à um pólo. Aqui estamos interessados no resultado da dimensão de entrada que classifica os alunos entre os pólos visual ou verbal.

O questionário para identificar o estilo de aprendizagem foi apresentado aos alunos no formato digital. A Figura 8 mostra a página web com o N-ILS no sistema. Os alunos devem clicar no *radio button* correspondente à sua resposta. O texto, a estrutura e ordem das questões do N-ILS não foram alteradas para a aplicação online. Os itens são organizados apresentando uma questão de cada dimensão, repetindo a mesma ordem até o fim do questionário. Assim, as questões de uma mesma dimensão estão espaçadas de quatro em quatro questões.

O N-ILS completo pode ser encontrado no Anexo A. Neste trabalho, o resultado do questionário é calculado pelo sistema online (Seção 3.5) e é mostrado em seguida, conforme mostrado na Figura 9. Logo, as instruções para correção do teste não foram disponibilizadas para os sujeitos que participaram do experimento. O resultado do teste é uma classificação que representa em três níveis a preferência por um dos pólos de cada dimensão dos estilos de aprendizagem. No entanto, neste trabalho, estes níveis não foram considerados, ou seja, um aluno classificado como moderadamente visual pelo N-ILS, foi considerado apenas visual. Do mesmo modo, um aluno classificado como levemente verbal pelo N-ILS, neste trabalho, foi considerado apenas como verbal.

3.4 Escala de Autodeclaração de Prazer

Infográficos carregam forte apelo visual devido ao uso de ilustrações e elementos de design. O objetivo desse tipo de apresentação é entreter e engajar a audiência durante a leitura

Kamila Lyra

QUESTIONÁRIO PARA ESTILO DE APRENDIZAGEM

(VIEIRA JUNIOR, 2012)

Marque uma opção para indicar sua resposta a cada uma das questões. Se as duas alternativas se aplicam a você, escolha aquela que é mais frequente.

1 . Quando estou aprendendo algum assunto novo, gosto de:

- ☐ primeiramente, discuti-lo com outras pessoas.
- ☒ primeiramente, refletir sobre ele individualmente.

2 . Se eu fosse um professor, eu preferiria ensinar uma disciplina:

- ☐ que trate com fatos e situações reais.
- ☒ que trate com ideias e teorias.

Figura 8 – *N-ILS* no sistema online de experimentação

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 9 – Tela de exibição do resultado do *N-ILS*

Fonte: Elaborada pelo autor.

do infográfico (SMICKLAS, 2012). A influência de emoções positivas no uso das habilidades cognitivas como aprendizado é conhecida na literatura (GOLEMAN, 1996; BRYAN; MATHUR; SULLIVAN, 1996; IZARD; KAGAN; ZAJONC, 1988). Assim, é necessário identificar se o apelo visual dos infográficos influencia no prazer do leitor e se este, por sua vez, afeta o aprendizado.

Além disso, assim como ocorre com o fator estilos de aprendizagem, a satisfação do sujeito em utilizar determinado material de aprendizagem pode afetar as medidas de aprendizagem e retenção de conhecimento. A fim de certificar que as medidas de aprendizado e retenção de conhecimento realmente refletem o impacto do tipo de material utilizado, também foi avaliada a satisfação do aprendiz durante o processo de aprendizagem.

Na busca por instrumentos que pudessem ser utilizados para inferir automaticamente a satisfação dos alunos com a atividade, a maioria das ferramentas encontradas foram consideradas invasivas para os sujeitos, complexas de implementar, pois exigem hardwares específicos e processamento avançado e muitas não têm seu uso liberado (CALVO; D'MELLO, 2010). Essas opções foram consideradas inviáveis, pois o planejamento do experimento prevê a realização em sala de aula. Logo, os recursos físicos foram limitados aos computadores do laboratório. Além disso, elementos diferentes dos computadores do laboratório (i.e. câmeras, pulseiras, sensores) poderiam ter efeito intimidador nos alunos.

Visto isso, foi optado por utilizar ferramentas mais simples de serem implantadas, nas quais os usuários declaram a própria satisfação, ou seja, a inferência não é automática. Utilizamos, então, a ferramenta consolidada *Self-Assessment Manikin* (SAM) (LANG, 1980). O SAM é uma escala visual de auto-declaração de emoções, simples de ser empregada. Ela pode ser aplicada a diferentes tipos de sujeitos experimentais com o objetivo de aferir respostas emocionais a diferentes estímulos externos (LASAITIS *et al.*, 2008). A escala retrata três dimensões emocionais: prazer, alerta e dominância. Cada dimensão é ilustrada por cinco figuras, de modo que o usuário pode assinalar uma das figuras ou o espaço em branco entre elas, fazendo com que a escala seja composta de 9 pontos. A Figura 10 exibe todas as dimensões da escala SAM. A dimensão de prazer representa a valência da emoção (positiva ou negativa). Enquanto que a dimensão alerta identifica o quanto um estímulo pode ser alarmante ou tranquilizador. Já a dimensão dominância tem como pólos o boneco submisso e o boneco dominante.

Este trabalho deseja verificar a interferência da valência das emoções que os infográficos despertam (positiva ou negativa). Logo, assim como outros trabalhos que aplicam as dimensões da escala SAM separadamente (KRISTENSEN *et al.*, 2011), neste estudo foi utilizada apenas a escala referente à dimensão de prazer. Nessa dimensão, as cinco figuras ilustram um rosto variando de uma expressão feliz (valor 9) até uma expressão triste (valor 1), passando pelo estado de neutralidade (valor 5). A Figura 11 mostra a aplicação dessa escala como foi vista pelos sujeitos no ambiente online onde foi executado o experimento.

Segundo D'Mello e Graesser (2012), o prazer de um aluno durante uma sessão de aprendizagem se resalta e enfraquece em intervalos de tempo muito pequenos dependendo do

Figura 10 – Escalas de prazer, alerta e dominância na ferramenta SAM

Fonte: Bradley e Lang (1994).

Figura 11 – SAM exibido no sistema de experimentação online

Fonte: Elaborada pelo autor.

estímulo enviado. Assim, os sujeitos foram solicitados a auto-declarar sua satisfação mais de uma vez durante toda a atividade, devido ao tempo de duração do experimento planejado e à quantidade de estímulos recebidos pelos usuários (15 materiais de aprendizagem). No total, o aluno teve que declarar sua satisfação sete vezes ao longo da interação com os materiais de aprendizagem.

Para assinalar um valor, os alunos devem arrastar o botão para uma das posições na escala (nove possíveis valores) sinalizando sua satisfação (positiva ou negativa) e então clicar em ‘Continuar’. O sistema online registra o momento em que foi respondida a autodeclaração, correspondendo a etapa do experimento em que o usuário se encontra, e também o valor dado pelo sujeito na escala (valor de 1 a 9).

3.5 Plataforma Online de Experimentação

O presente estudo está no contexto de uma sessão de aprendizagem suportada por computador, ou seja, a avaliação do uso de infográficos como material de aprendizagem simula o estudo individual de alunos no computador. Para a execução de todas as atividades propostas no planejamento do experimento e coleta de dados, foi desenvolvida uma plataforma online. A fim de diminuir o tempo de desenvolvimento e validação e seguindo o conceito de Reúso de Software (KRUEGER, 1992), a plataforma utilizou como base a arquitetura e código dos sistemas educacionais E-Game e E-Class²(PEDRO; ISOTANI, 2016). Assim, a plataforma foi desenvolvida na linguagem Java, utilizando o *framework Model-View-Controller (MVC)* VRaptor³ com integração ao Hibernate⁴. Além da arquitetura, baseada em MVC, também foi mantido o design utilizado nos sistemas que foi inspirado em “*flat design*”. As funcionalidades foram adaptadas/implementadas para ser possível cumprir com todas as atividades que serão descritas nesta seção.

Para a realização do experimento a plataforma online foi dividida em três módulos. Um módulo para cada fase do experimento (módulos A, B e C), sendo que a segunda fase (módulo B) utiliza três versões diferentes do mesmo módulo. Cada versão do módulo B está carregada com um dos tipos de materiais de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto, texto puro) descritos na Seção 3.1. Os módulos foram disponibilizados em um servidor configurado em um dos computadores do Laboratório de Engenharia de Software do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (ICMC-USP), com as seguintes especificações: processador Intel Core i7-2600 CPU 3.40GHz, 16Gb de RAM, 250Gb de disco rígido, executando o sistema operacional Ubuntu 14.04.3 LTS, servidor Apache 2.4.7, banco de dados MySQL 5.5.44 e a versão 1.7.0_79 do Java.

² Disponíveis em <<https://github.com/laiszp>>

³ Framework de desenvolvimento para aplicações web, disponível em <<http://www.vraptor.org/pt/>>

⁴ Framework de integração com banco de dados disponível em <<http://hibernate.org/>>

Figura 12 – Tela de validação de login na Fase B

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os alunos foram instruídos a acessar todos os módulos pelo navegador Google Chrome. O acesso aos módulos foi liberado aos alunos por meio de um link, de acordo com as fases do experimento (pré-teste, intervenção e pós-teste, teste de retenção). Ao fim de cada fase o link foi desativado para evitar que os alunos fizessem novo acesso. Devido à dependência entre as fases, foi implementada uma validação para impedir os alunos de acessarem o sistema caso não tivessem completado a fase anterior como pré-requisito, como mostrado na Figura 12.

A seguir são detalhadas as funcionalidades e o fluxo de atividades que compõem cada módulo. O código completo da plataforma foi disponibilizado no *GitHub* em <<https://github.com/Kamilalyra>>.

3.5.1 Módulo A - Pré-teste

O primeiro acesso à plataforma é feito pelo módulo A (pré-teste) onde os alunos devem fazer seu cadastro para então efetuar login no sistema. O cadastro solicita informações básicas tais como nome, sexo, idade, escolaridade e o número de matrícula USP dos alunos que é usado como chave para o login em todos os módulos. A primeira página do sistema apresenta o objetivo

Figura 13 – Fluxo de atividades no Módulo A - Pré-teste

Fonte: Elaborada pelo autor.

do experimento e uma descrição das atividades que serão executadas nessa primeira fase.

A Figura 13 ilustra o fluxo de atividades do módulo A. A primeira atividade apresenta um questionário de conhecimento composto por 45 questões que avalia o conhecimento prévio dos alunos (veja Seção 3.2). Para cada questão, os alunos devem selecionar uma das quatro opções de resposta clicando em um dos radiobutton, sendo impedidos de continuar até que todas as questões tenham sido respondidas. O sistema grava o tempo em segundos que os alunos demoraram para responder as 45 questões. Essa gravação foi feita no intuito de identificar alunos que apenas passaram pelas questões, sem analisá-las antes de responder.

A segunda atividade consiste em responder o questionário de estilo de aprendizagem, o N-ILS (mais informações na Seção 3.3). Os alunos devem responder às 20 questões escolhendo entre as duas opções de resposta. Assim como no questionário de conhecimento, os alunos não conseguem prosseguir até que respondam todas as questões. O sistema também grava o tempo que os alunos levaram para responder esse questionário. Ao enviarem as respostas o sistema exibe o resultado do estilo de aprendizagem, mostrando o grau em que cada característica se manifesta no respondente. Os usuários podem visualizar uma descrição de cada estilo passando o mouse sobre o texto, conforme mostrado na Figura 14. Por fim, eles fazem logout no sistema.

3.5.2 Módulo B - Intervenção e Pós-teste

O módulo B foi dividido em três versões, cada uma carregando um tipo diferente de material de aprendizagem (infográfico, texto puro ou gráfico+texto) mas implementada com exatamente as mesmas funcionalidades.

A Figura 15 ilustra o fluxo de atividades para o módulo B. Primeiramente os alunos fazem o login no sistema utilizando o número de matrícula USP cadastrado na primeira fase do experimento. Em seguida, os alunos recebem uma descrição das atividades que serão executadas nessa fase. A primeira atividade consiste na autodeclaração de satisfação inicial por meio da ferramenta SAM (veja Seção 3.4). Essa atividade irá se repetir mais seis vezes durante o módulo B, totalizando sete vezes, nela os sujeitos devem utilizar a escala SAM para indicar sua satisfação

Figura 14 – Tela exibindo o resultado do teste N-ILS e a descrição dos estilos

Fonte: Elaborada pelo autor.

com a atividade. Em seguida, os alunos iniciam a visualização dos materiais de aprendizagem. Alunos designados para sistemas carregados com infográficos apenas visualizam infográficos, um por página, o mesmo para os outros tipos de materiais (gráfico+texto e texto puro). As páginas que apresentam os materiais de aprendizagem possuem um recurso de zoom, um contador no canto superior direito para que os alunos saibam quantos materiais já visualizaram e um botão 'Continuar'. O sistema grava o tempo que um aluno permanece visualizando cada material para verificar a relação dessa variável com as outras medidas no experimento (formato de material de aprendizagem, satisfação, aprendizado). Após clicar em continuar, o sistema mostra uma questão-tema (veja Seção 3.2) que deve ser respondida pelo aluno para que ele possa prosseguir. O sistema também grava o tempo para responder à essa questão. Ao responderem à questão-tema os alunos passam para a próxima visualização. A cada três visualizações e questões-tema, a página de autodeclaração de satisfação é exibida novamente. Esse ciclo se completa após 15 visualizações.

Imediatamente após visualizarem os 15 materiais, os alunos respondem ao questionário

Figura 15 – Fluxo de atividades no Módulo B - Intervenção e Pós-teste

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 16 – Fluxo de atividades no Módulo C - Teste de Retenção

Fonte: Elaborada pelo autor.

de conhecimento. Assim como ocorre no módulo A, as 45 questões devem ser respondidas para que os alunos possam avançar no sistema. Os alunos finalizam a segunda fase respondendo pela última vez a satisfação com a atividade na escala SAM e fazendo logout no sistema.

3.5.3 Módulo C - Teste de Retenção

O terceiro e último módulo do sistema é o mesmo para todos os alunos. Os sujeitos devem apenas fazer o login no sistema e responder ao questionário de conhecimento (45 questões). Assim como nos outros dois módulos (A e B), os alunos não podem deixar de responder nenhuma das questões. Ao final do questionário os alunos fazem logout no sistema. A Figura 16 ilustra o fluxo de atividades no módulo C do sistema.

3.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou todos os instrumentos utilizados no experimento planejado para investigar os benefícios educacionais dos infográficos. No contexto deste trabalho os alunos estudam em um ambiente de aprendizado individual suportado por computador. Logo, todos os instrumentos foram inseridos na plataforma online desenvolvida para respeitar esse contexto. Assim, os alunos interagiram com os materiais de aprendizagem (infográficos, gráficos+textos ou

texto puro), questionários (N-ILS e SAM) e testes de conhecimento por meio da plataforma online de experimentação. Seguindo a filosofia de dados abertos discutida em Isotani e Bittencourt (2015), todos os instrumentos utilizados neste trabalho, juntamente com os dados coletados e código fonte da plataforma online estão publicamente disponíveis no *LabPackage* do experimento em <<http://kamilalyra.github.io/Experimento-Infograficos/index.html>>.

A seguir, o Capítulo 4 apresenta a descrição do design e detalhes da execução do experimento.

EXPERIMENTO

Este capítulo descreve o planejamento e execução dos experimentos proposto para cumprir com o objetivo específico 1: “executar um experimento para coletar dados sobre a aprendizagem e a retenção de conhecimento por meio dos infográficos” (veja Seção 1.3).

A metodologia adotada foi baseada na proposta por Wohlin *et al.* (2012) onde os objetivos dos experimentos são detalhados com a definição do escopo. As etapas seguintes compõem o planejamento do experimento que inicia com a definição do contexto de execução e parte para a formulação das hipóteses, seleção das variáveis dependentes e independentes e seleção dos sujeitos. A definição do tipo de design do experimento é feita antes da descrição das execuções. Devido à grande quantidade de recursos utilizados e para melhor entendimento, a instrumentação foi descrita separadamente no Capítulo 3. Finalmente, seguindo a proposta de Wohlin *et al.* (2012) foi criada uma seção para discussão das principais ameaças à validade dentro das categorias definidas por Hyman (1982).

4.1 Planejamento

O planejamento de um experimento é feito com o objetivo de garantir maior controle sobre as atividades e os acontecimentos durante sua execução. Os resultados de um experimento podem ser distorcidos caso o experimento não seja planejado corretamente, como por exemplo definir inadequadamente a motivação (por quê?) e a metodologia (como?) (WOHLIN *et al.*, 2012).

Este trabalho divide o planejamento do experimento em quatro atividades importantes para que o leitor compreenda algumas escolhas, terminologias e variáveis envolvidas no experimento. As atividades são: definição do escopo e contexto, formulação das hipóteses, seleção das variáveis e seleção dos sujeitos do experimento.

4.1.1 Escopo e Contexto

O escopo do experimento, segundo Wohlin *et al.* (2012), caracteriza os objetivos do experimento de acordo com uma estrutura definida. O objetivo dessa estrutura é garantir que aspectos importantes do experimento sejam analisados e definidos antes de dar início ao planejamento. A estrutura de escopo utilizada neste trabalho foi apresentada por Basili e Rombach (1988) e define os cinco parâmetros exibidos a seguir.

Analisar < Objeto(s) de estudo >
com o propósito de < Propósito >
com respeito ao < Foco de qualidade >
do ponto de vista do < Perspectiva >
no contexto de < Contexto >.

O objeto de estudo é a entidade que vai ser estudada no experimento, nesse caso, são os infográficos aplicados como material de aprendizagem. Os outros dois formatos, texto puro e gráfico+texto, representam os materiais tradicionais que serão utilizados como variáveis de controle. O parâmetro propósito é a intenção ou objetivo do experimento.

O objetivo desse experimento é analisar a efetividade dos infográficos quando aplicados como material de aprendizagem em comparação com o uso dos materiais tradicionais. O foco de qualidade é o efeito que será estudado. Logo, a efetividade dos infográficos será analisada considerando as medidas de aprendizado e retenção de conhecimento dos estudantes. Observando que infográficos são um tipo de visualização de informação com forte apelo visual, também serão avaliados os impactos dos estilos de aprendizagem (visual ou verbal) e da satisfação (prazer) dos alunos no uso desse tipo de material. A perspectiva indica de qual ponto de vista os resultados do experimento serão interpretados, aqui, será do ponto de vista dos pesquisadores. O contexto define para que ambiente, situação e sujeitos o experimento foi planejado. Neste trabalho serão estudantes de graduação utilizando um ambiente online que simula uma sessão de aprendizado individual suportado por computador. Desse modo, a definição de escopo para esse experimento pode ser resumida na Tabela 6.

Tabela 6 – Escopo do experimento

Analisar	<infográficos >
com o propósito de	<verificar sua efetividade como material de aprendizagem >
com respeito ao	<impacto no aprendizado e retenção do conhecimento >
do ponto de vista do	<pesquisador >
no contexto de	<alunos de graduação em uma sessão de aprendizado apoiada por computador >

Fonte: Adaptada de Wohlin *et al.* (2012).

A fim de realizar uma generalização válida dos resultados de um experimento é necessário utilizar um contexto que se aproxime ao máximo do cenário real do problema abordado. Segundo Wohlin (WOHLIN *et al.*, 2012), o contexto de um experimento pode ser caracterizado de acordo com quatro dimensões:

- *Offline vs. Online*
- Estudantes vs. Profissionais
- Problemas ilustrativos vs. Problemas reais
- Específico vs. Geral

O experimento descrito aqui está contextualizado por uma sessão de aprendizado apoiada por computador. Desse modo, será executado em um ambiente online, sendo os sujeitos estudantes em seu primeiro ano de graduação e estando presentes em um laboratório da universidade. Esse experimento aborda um problema real e específico na área de Informática na Educação, que é: **“qual a melhor forma de se apresentar conteúdo educacional no computador para beneficiar a aprendizagem?”**. Desse modo, o contexto do experimento e a caracterização dos sujeitos se aproximam de uma situação real favorecendo a generalização dos resultados.

4.1.2 Seleção de Variáveis

A condução de um experimento controlado é, de modo genérico, investigar qual o valor de uma variável ao final de determinado processo, dada a variação de uma ou mais variáveis de entradas. Nesse contexto, existem dois tipos de variáveis em um experimento, as independentes e as dependentes (WOHLIN *et al.*, 2012).

Variáveis independentes são as variáveis de entrada. Elas podem ser controladas ou variadas pelo experimentador para causar algum efeito. Dentre as variáveis independentes, estão os objetos de estudo do experimento, chamados de fatores. Cada valor possível para um determinado fator é chamado de tratamento. As variáveis dependentes são as que são afetadas pelas variáveis independentes. Elas podem ser consideradas as variáveis de saída ou efeitos de um determinado tratamento. A Tabela 7 mostra quais são as variáveis independentes e dependentes para o experimento. O material de aprendizagem é o fator experimental investigado e é variado entre três tratamentos: infográfico, gráfico+texto e texto puro (Seção 3.1).

Apenas para o grupo de alunos que utilizou infográficos foi investigada a influência da complexidade do material, medida pelo framework proposto na Seção 3.1.2. As outras variáveis foram investigadas para todos os grupos. A variável dependente ‘Tempo de Interação’ refere-se ao tempo em segundos que cada aluno passou visualizando um único material de aprendizagem. A efetividade do aprendizado de um aluno foi calculada considerando três medidas $\Delta 1$, $\Delta 2$ e $\Delta 3$. Sendo que:

Tabela 7 – Variáveis do experimento

Variáveis Independentes (afetam)	Variáveis Dependentes (são afetadas)
Material de aprendizagem <ul style="list-style-type: none"> • Infográfico • Gráfico+texto • Texto Puro 	Tempo de interação <ul style="list-style-type: none"> • Tempo em segundos
Complexidade do infográfico <ul style="list-style-type: none"> • Baixa • Média • Alta 	Satisfação - SAM (Seção 4.4) <ul style="list-style-type: none"> • Escala 1 - 9
Estilos de aprendizagem - N-ILS <ul style="list-style-type: none"> • Visual • Verbal 	Aprendizado <ul style="list-style-type: none"> • $\Delta 1$ - Imediato • $\Delta 2$ - Perda • $\Delta 3$ - Retenção

Fonte: Elaborada pelo autor.

- ($\Delta 1$) representa o quanto um aluno aprendeu imediatamente após a interação com o material. Essa medida é dada pela média do número de acertos no teste de conhecimento aplicado na Fase B (pós-teste) menos o número de acertos no teste de conhecimento aplicado na Fase A (pré-teste);

$$\Delta 1 = \mu(B_{(j)} - A_{(j)}) \text{ para } j = \{\text{aluno}_1, \text{aluno}_2, \dots, \text{aluno}_n\}$$

- ($\Delta 2$) representa o quanto um aluno perdeu de conhecimento n dias após a interação com o material. É dado pela média do número de acertos no teste de conhecimento aplicado na Fase B (pós-teste) menos o número de acertos no teste de conhecimento aplicado na Fase C (teste de retenção).

$$\Delta 2 = \mu(B_{(j)} - C_{(j)}) \text{ para } j = \{\text{aluno}_1, \text{aluno}_2, \dots, \text{aluno}_n\}$$

- ($\Delta 3$) representa o conhecimento retido por um aluno. É dado pela média do número de acertos no teste de conhecimento aplicado na Fase C (teste de retenção) menos o número de acertos no teste de conhecimento aplicado na Fase A (pré-teste).

$$\Delta 3 = \mu(C_{(j)} - A_{(j)}) \text{ para } j = \{\text{aluno}_1, \text{aluno}_2, \dots, \text{aluno}_n\}$$

4.1.3 Seleção dos Sujeitos

A generalização dos resultados de um experimento está diretamente relacionada com a escolha dos sujeitos. Para isso, a amostra selecionada deve ser representativa para a população alvo do experimento (WOHLIN *et al.*, 2012). Tendo em vista que infográficos são um tipo de visualização de informação que combina diferentes formatos de materiais de aprendizagem (textos, gráficos, ilustrações) é necessário que o leitor tenha capacidade de interpretar as três formas de modo holístico. No entanto, a habilidade de ler e compreender múltiplas fontes de informação é característica de leitores adultos (HEGARTY; CARPENTER; JUST, 1991). É conhecido que jovens leitores têm a tendência de observar um componente isolado de uma visualização ao invés de considerar a visualização como um todo (GERBER; BOULTON-LEWIS; BRUCE, 1995). Nesse sentido, a população alvo foi definida como alunos em nível de graduação para garantir a habilidade de interpretação dos infográficos.

A escolha da amostra de sujeitos para o piloto do experimento foi baseada em conveniência, caracterizando uma amostra não-probabilística, em que a probabilidade de se selecionar cada sujeito da amostra não é conhecida. Foi aproveitada a proximidade com os alunos do primeiro semestre do curso de Engenharia Ambiental, Engenharia de Computação e Bacharelado em Sistemas de Informação e da Universidade de São Paulo, campus São Carlos. As características de cada turma estão descritas nas seções que detalham as execuções de cada experimento (Seções 4.3 e 4.4).

4.1.4 Formulação das hipóteses

Considerando o objetivo geral deste trabalho, apresentado na Seção 1.3 – *investigar o uso de infográficos como material de aprendizagem e seus benefícios para o aprendizado em comparação com o uso de materiais tradicionais, sendo eles texto puro e gráfico+texto* – foi formulada a questão de pesquisa principal:

QP1 - O aprendizado por meio de infográficos é maior do que o aprendizado por meio dos materiais de aprendizagem tradicionais (gráfico+texto e texto puro)?

Assim, as hipóteses alternativas foram formuladas em favor do uso de infográficos. Ou seja, é suposto que as medidas de aprendizado ($\Delta 1$, $\Delta 2$ e $\Delta 3$) sejam maiores para os alunos que utilizaram infográficos do que para os alunos que utilizaram gráficos+texto ou texto puro. Formalmente, tem-se:

- Hipótese Nula: Não existe diferença entre o aprendizado por infográficos, gráficos+texto e texto puro.

$$H_0: \text{Aprendizado}_{(\text{infográfico})} = \text{Aprendizado}_{(\text{gráfico+texto})} = \text{Aprendizado}_{(\text{texto})}$$

- Hipótese Alternativa: Existe diferença entre o aprendizado por infográficos, gráficos+texto e texto puro.

$$H_1: \text{Aprendizado}_{(\text{infográfico})} \neq \text{Aprendizado}_{(\text{gráfico+texto})} \neq \text{Aprendizado}_{(\text{texto})}$$

Além de comparar o aprendizado entre os grupos de acordo com o material de aprendizagem utilizado, as seguintes questões de pesquisa seguintes foram definidas para alcançar o objetivo específico 1.a Identificar a influência de outras variáveis experimentais. A primeira variável experimental a ser testada sobre sua influência na aprendizagem é a complexidade do infográfico, assim temos:

QP2 - O aprendizado por meio de infográficos é afetado de acordo com a complexidade da visualização apresentada?

- Hipótese Nula: Não existe diferença entre o aprendizado por meio de infográficos com baixa, média ou alta complexidade.

$$H_0: \text{Aprendizado}_{(C_{\text{baixa}})} = \text{Aprendizado}_{(C_{\text{média}})} = \text{Aprendizado}_{(C_{\text{alta}})}$$

- Hipótese Alternativa: Existe diferença entre o aprendizado por meio de infográficos com baixa, média ou alta complexidade.

$$H_1: \text{Aprendizado}_{(C_{\text{baixa}})} \neq \text{Aprendizado}_{(C_{\text{média}})} \neq \text{Aprendizado}_{(C_{\text{alta}})}$$

Ao alterar o formato do material de aprendizagem, de texto para infográfico, é preciso considerar a interferência dos estilos de aprendizagem. Alunos visuais podem ter preferências individuais por materiais mais ilustrados e alunos verbais preferirem materiais puramente textuais. A correspondência do material ao estilo pode beneficiar a aprendizagem. Logo, temos:

QP3 - O aprendizado pode ser beneficiado quando um aluno utiliza um formato de material de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto, texto puro) correspondente ao seu estilo de aprendizagem (visual, verbal)?

- Hipótese Nula: Não existe diferença entre o aprendizado de alunos visuais ou verbais por meio de infográficos, gráficos+texto ou texto puro.

$$H_0: \text{Aprendizado}_{(\text{visual})(\text{infográfico})} = \text{Aprendizado}_{(\text{visual})(\text{gráfico+texto})} = \text{Aprendizado}_{(\text{visual})(\text{texto})}$$

$$H_0: \text{Aprendizado}_{(\text{verbal})(\text{infográfico})} = \text{Aprendizado}_{(\text{verbal})(\text{gráfico+texto})} = \text{Aprendizado}_{(\text{verbal})(\text{texto})}$$

- Hipótese Alternativa:

$$H_1: \text{Aprendizado}_{(\text{visual})(\text{infográfico})} \neq \text{Aprendizado}_{(\text{visual})(\text{gráfico+texto})} \neq \text{Aprendizado}_{(\text{visual})(\text{texto})}$$

$$H_1: \text{Aprendizado}_{(\text{verbal})(\text{infográfico})} \neq \text{Aprendizado}_{(\text{verbal})(\text{gráfico+texto})} \neq \text{Aprendizado}_{(\text{verbal})(\text{texto})}$$

As questões de pesquisa 4 e 4.1 referem-se à influência da variável satisfação do aluno com o material de aprendizado. A primeira procura saber se o design visualmente apelativo dos infográficos faz com que os alunos declarem estar mais satisfeitos com a atividade. Enquanto que

a segunda indaga se essa declaração de satisfação está relacionada com o aprendizado. Assim, temos:

QP4 - O formato do material de aprendizagem utilizado (infográfico, gráfico+texto, texto puro) afeta a percepção de satisfação do aluno com a atividade?

- Hipótese Nula: Não existe diferença entre a satisfação dos alunos utilizando infográficos, gráficos+texto ou texto puro.

$$H_0: Satisfação_{(infográfico)} = Satisfação_{(gráfico+texto)} = Satisfação_{(texto)}$$

- Hipótese Alternativa: Existe diferença entre a satisfação dos alunos com o infográficos, gráficos+texto ou texto puro.

$$H_1: Satisfação_{(infográfico)} \neq Satisfação_{(gráfico+texto)} \neq Satisfação_{(texto)}$$

QP4.1 - A percepção de satisfação do aluno afeta o aprendizado?

- Hipótese Nula: Não existe diferença entre o aprendizado de alunos que declararam satisfação mais positiva e os que declararam satisfação mais negativa.

$$H_0: Aprendizado_{(satisfeito)} = Aprendizado_{(insatisfeito)}$$

- Hipótese Alternativa: Existe diferença entre o aprendizado de alunos que declararam satisfação mais positiva e os que declararam satisfação mais negativa.

$$H_1: Aprendizado_{(satisfeito)} \neq Aprendizado_{(insatisfeito)}$$

A partir do levantamento de todas as variáveis envolvidas no experimento, descritas na seção 5.1.2, foram identificadas outras questões de pesquisa menores, possíveis de serem investigadas com os dados coletados. Para identificar essas questões de pesquisa, foi feita uma combinação simples entre as variáveis independente e as variáveis dependentes. Assim as questões de pesquisa complementares são:

QP5.1 - O formato do material de aprendizagem utilizado (infográfico, gráfico+texto e texto puro) afeta o tempo que um aluno passa visualizando o material?

QP5.2 - O uso do formato de material de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto e texto puro) correspondente ao estilo de aprendizagem do aluno afetou o tempo de estudo?

QP5.3 - Qual dos três formatos de material de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto e texto puro) foi mais eficiente em relação à aprendizagem? (i.e. o aluno aprende mais em menos tempo de estudo)

QP5.4 - O uso do formato de material de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto e texto puro) correspondente ao estilo de aprendizagem afetou a percepção de satisfação do aluno?

QP5.5 - A complexidade do infográfico afetou o tempo que um aluno gastou para estudá-lo?

QP5.6 - O conhecimento inicial dos alunos afeta o quanto ele é capaz de aprender de acordo com o formato do material de aprendizagem?

4.2 Design Experimental

A configuração do experimento conta com três fases distribuídas ao longo de três ou mais semanas: Fase A (Pré-teste), Fase B (Intervenção e Pós-teste) e Fase C (Teste de Retenção). O tempo entre uma fase e outra depende da execução, visto que este design experimental foi executado duas vezes, sendo uma execução piloto e uma execução final.

Todas as fases foram realizadas em um laboratório de informática, onde os sujeitos cumpriram todas as atividades individualmente e dentro da plataforma online de experimentação. Ao chegarem, os sujeitos já encontravam os computadores ligados, com o navegador aberto na página referente ao módulo da fase do experimento. Ao término de cada fase, o endereço que dá acesso aos módulos do sistema foi desativado para impedir que os alunos fizessem novo acesso. A seguir serão descritas as atividades que compõem cada fase do experimento.

Fase A (Pré-teste): Na primeira fase foi utilizado o Módulo A - Pré-teste da plataforma online (Seção 3.5). Primeiramente, os sujeitos receberam uma breve descrição oral sobre os objetivos da atividade. Em seguida, foi dada a permissão para realização do cadastro e login no sistema. Nessa fase os alunos tiveram que cumprir duas atividades no sistema. A primeira atividade consistiu em responder as 45 questões do questionário de conhecimento (descrito na Seção 3.2) com o objetivo de mensurar seus conhecimentos prévios. Dessa maneira, é possível comparar a diferença de conhecimento dos sujeitos entre as Fases A e B, ou seja, antes e depois da interação com os materiais de aprendizagem.

A segunda atividade consistiu em responder ao questionário New-ILS (JUNIOR, 2012) (descrito na Seção 3.3) para identificar os estilos de aprendizagem (visual ou verbal) dos alunos. Ao final do questionário, o aluno visualizou o resultado do seu teste e fez logout no sistema. O tempo máximo que um aluno levou para completar a Fase A foi de 40 minutos. A condução foi feita por dois especialistas que interferiram apenas para lembrar que os sujeitos não poderiam interagir entre si ou sair da página do sistema online de experimentação.

Fase B (Intervenção e Pós-teste): Nesta fase os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente entre três versões do módulo B do sistema. As três versões foram implementadas com exatamente as mesmas funcionalidades. No entanto, cada versão exibiu um formato de material de aprendizagem diferente: infográfico, gráfico+texto ou texto puro.

O fluxo das atividades executadas nesta fase está ilustrado na Figura 15. Ao efetuar o login no sistema o sujeito inicia as atividades realizando sua auto-avaliação de satisfação, utilizando a ferramenta SAM (LANG, 1980) (descrita na Seção 3.4). Em seguida, é iniciada a interação com os materiais de aprendizagem de acordo com a versão do módulo B a que

o aluno foi atribuído (infográfico, gráfico+texto ou texto puro). Após a visualização de um material, o sujeito responde à uma questão-tema (Seção 3.2) referente ao material visto. A cada três visualizações e questões-tema, o aluno é questionado novamente sobre sua satisfação com a atividade. Esse fluxo se repete por cinco vezes, até que o aluno visualize os 15 materiais e responda suas 15 questões-tema.

A atividade seguinte é o questionário de conhecimento, que identifica o conhecimento logo após a interação com os materiais. Por fim, os sujeitos respondem mais uma vez sua auto-avaliação de satisfação na escala SAM, totalizando sete auto-avaliações durante toda a Fase B. A condução da Fase B foi feita por três especialistas que orientaram os sujeitos a não interagirem entre si ou sair da página do sistema online de experimentação. Essa fase foi executada em no máximo 100 minutos.

Fase C (Teste de Retenção): Na última fase do experimento, os alunos responderam ao questionário de conhecimento para avaliar o quanto eles retiveram de conhecimento sete dias após a interação com os materiais de aprendizagem que ocorreu durante a Fase B. Essa fase foi conduzida por apenas um especialista e o tempo máximo que um aluno utilizou para completar a fase foi de 20 minutos.

Com base na descrição do design experimental, é possível classificar a abordagem experimental como sendo um fator com três tratamentos (MONTGOMERY, 2008). O fator é o material de aprendizagem e os tratamentos são os tipos de materiais (infográfico, gráfico+texto ou texto puro). Além disso foram aplicados os seguintes princípios de design:

- **Aleatorização:** A aleatorização foi utilizada de dois modos nesse experimento. Durante a Fase 2, quando os sujeitos do experimento são distribuídos aleatoriamente entre os três tipos de materiais de aprendizagem. E durante a aplicação dos questionários de conhecimento (Seção 3.2) empregados em todas as fases do experimento. Nesse caso, a ordem das questões do questionário de conhecimento foi definida aleatoriamente pelo sistema para cada sujeito.
- **Agrupamento (blocking):** Nenhuma técnica de agrupamento foi empregada neste experimento.
- **Balanceamento:** Durante a Fase 2 do experimento, os sujeitos foram distribuídos entre os tratamentos (infográfico, gráfico+texto ou texto puro) de modo que a quantidade de amostras para cada tratamento fosse semelhante.

4.3 Piloto

Execuções piloto garantem que o experimento seja viável, identificando fatores e caminhos que não foram previstos durante o planejamento. O experimento piloto aqui descrito foi

planejado para ser o mais próximo possível da configuração real do experimento final, para que a probabilidade de identificar ameaças reais seja maior. Desse modo, a execução final apenas recebeu melhorias e não mudanças drásticas no protocolo de experimentação.

O objetivo principal da execução piloto foi validar o design experimental proposto e testar a plataforma online de experimentação (descrita na Seção 3.5). Buscando simplificar a execução piloto, foi utilizado apenas um tipo de material de aprendizagem como variável de controle, o gráfico+texto, a ser comparada com o uso de Infográficos. Assim, durante a aplicação da Fase B os sujeitos foram distribuídos apenas entre duas versões do Módulo B do sistema online de experimentação.

O piloto foi realizado em novembro de 2015 e as três fases foram distribuídas ao longo de três semanas. Houve um espaço de sete dias entre uma fase e outra. Tomaram parte do piloto 43 alunos de uma turma do primeiro semestre do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de São Paulo. Dessa turma, apenas 27 alunos cumpriram todas as fases do piloto. Eles têm idades entre 18 e 21 anos, sendo 15 do sexo masculino e 12 do sexo feminino. Durante a Fase B (Intervenção e Pós-teste) 14 alunos utilizaram infográficos e 13 alunos utilizaram gráficos+texto (LYRA *et al.*, 2016).

Após a execução das três fases do piloto os dados coletados foram tabulados. Foi realizada uma pré-exploração estatística dos dados utilizando o software SPSS¹, sendo a licença disponibilizada pela Universidade de São Paulo. Para a análise dos dados do piloto não foi adotado nenhum critério para analisar ou retirar os outliers, visto que o principal objetivo foi validar o design experimental. Os dados tabulados do piloto podem ser encontrados no LabPackage do experimento em <<http://kamilalyra.github.io/Experimento-Infograficos/index.html>>.

Validando o design experimental:

Observando os dados coletados durante todas as fases apresentadas na Seção 4.2 foi possível confirmar o design do experimento como um bom cenário instrucional. Para isso foi aplicado o teste-t comparando o número médio de questões corretas no questionário de conhecimento aplicado na Fase A ($\mu = 20,85$; $\sigma = 3,5$) com o número médio de questões corretas no questionário de conhecimento aplicado na Fase B ($\mu = 33,96$; $\sigma = 5,11$). O teste-t mostrou uma diferença estatisticamente significativa entre as duas médias ($t(52) = -10,9$; $p < ,001$). Além disso, houve queda no número médio de acertos da Fase B para a Fase C ($\mu = 31,44$; $\sigma = 6,55$) mas a aplicação do teste-t não resultou em uma diferença estatisticamente significativa ($t(52) = 1,5$; $p = ,12$).

Esses dados mostram que ocorreu aprendizado, pois os alunos realmente acertaram mais questões após interagirem com os materiais de aprendizagem. No entanto, a perda não

¹ <<http://www-03.ibm.com/software/products/pt/spss-statistics>>

foi significativa, ou seja, ocorreu um aprendizado efetivo considerando o contexto geral do experimento (sem separar os alunos entre o material de aprendizagem utilizado). Com base nisso, é possível afirmar que o objetivo geral de aprendizado proposto para o design do experimento foi alcançado.

O aprendizado:

Ao comparar as médias de acertos em cada fase entre os dois grupos de alunos (que utilizaram infográficos e que utilizaram gráficos+texto), foi possível notar que as médias foram tão semelhantes que não resultaram em diferenças significativas. A Tabela 8 mostra o número médio de questões corretas em cada fase do piloto, separando os alunos de acordo com o material de aprendizagem utilizado e o resultado do teste-t aplicado para comparar as médias de cada fase entre os grupos.

Apesar das médias não serem estatisticamente diferentes entre os grupos, foram comparadas as diferenças entre as fases considerando as medidas de aprendizado, descritas na Seção 4.1.2. A Figura 17 mostra os valores de $\Delta 1$, $\Delta 2$ e $\Delta 3$ para o grupo que utilizou infográficos e para o grupo que utilizou gráficos+texto. Os alunos que utilizaram gráficos+texto tiveram um aprendizado ($\Delta 1$) maior mas, ao mesmo tempo, tiveram o menor valor para retenção ($\Delta 2$). O contrário ocorreu para os alunos que utilizaram infográficos. Isso pode ser um indício de que, mesmo que os alunos tenham adquirido mais conhecimento imediato utilizando gráficos+texto, esse tipo de visualização não foi tão efetiva quando os infográficos considerando a retenção de conhecimento (LYRA *et al.*, 2016).

Figura 17 – Medidas de aprendizado entre os grupos infográfico e gráfico+texto

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 8 – Número médio de questões corretas por grupo

	Infográfico		Gráfico+texto		teste-t		
	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão	t	df	Sig.
Fase A	22,071	2,841	19,538	3,777	-1,979	25	,059
Fase B	34,000	5,910	33,923	4,329	-,038	25	,970
Fase C	32,071	7,3008	30,769	5,8759	-,508	25	,616

Fonte: Dados da pesquisa.

A satisfação:

Os dados obtidos mostraram que não houve diferença estatística entre a avaliação de satisfação dada pelos estudantes que utilizaram gráficos+texto ($\mu = 5,242$; $\sigma = 1,347$) e a dada pelos que utilizaram infográficos ($\mu = 5,561$; $\sigma = 1,694$). Portanto, não foi possível dizer qual material afetou mais (positivamente ou negativamente) a declaração de satisfação.

No entanto, foi possível analisar se o número de questões corretas no questionário de conhecimento aplicado durante a Fase B apresentou relação com a declaração de satisfação. Para o grupo de alunos que utilizou infográficos, foi encontrada uma correlação positiva ($\rho = ,581$; $p < ,05$) entre o número de questões corretas e a declaração de prazer. Em outras palavras, quanto maior a percepção de satisfação de um aluno durante a interação com os materiais de aprendizagem, maior foi o número de acertos durante o teste de conhecimento aplicado logo após. Em contrapartida, não foi encontrada a mesma correlação para o grupo de estudantes que utilizou gráfico+texto como material de aprendizagem.

Também foi analisado se a autodeclaração de satisfação foi afetada pelo uso do formato de material de aprendizagem correspondente com o estilo de aprendizagem do aluno. Para o grupo de alunos que utilizou infográficos, o N-ILS identificou 10 alunos visuais e 4 verbais. De acordo com a Tabela 9, é possível notar que os alunos verbais, em média, avaliam valores mais altos na escala de satisfação do que os alunos visuais. Já para os alunos que utilizaram gráficos+texto, o N-ILS identificou 8 alunos visuais e 5 verbais. Para esse material, os alunos visuais mostraram uma média maior na declaração de satisfação do que os verbais. Apesar da diferença entre as médias não é possível dizer se alunos visuais gostaram mais de utilizar infográficos do que os alunos verbais pois o teste-t não resultou em diferença significativa.

Tabela 9 – Média de satisfação entre os grupos

	Infográfico		Gráfico+texto		teste-t		
	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão	t	df	Sig.
Visual	5,214	1,653	5,768	1,259	,781	16	,446
Verbal	6,429	1,686	4,400	1,108	-2,182	7	,065

Fonte: Dados da pesquisa.

Os estilos de aprendizagem:

Na análise de dados realizada não foram encontradas evidências de que estilos de aprendizagem afetam o aprendizado em nenhum dos formatos de material de aprendizagem. A Tabela 10 mostra as médias de acertos em cada fase, separando os alunos em visuais e verbais de acordo com o material utilizado. Nenhuma das dimensões do estilo de aprendizagem do aluno (visual ou verbal) afetou o número de acertos para nenhum dos dois grupos (infográfico ou gráfico+texto). Esses dados seguem o que algumas pesquisas discutem sobre a falta de evidências de que adequar o material ao estilo de aprendizagem do aluno beneficia o aprendizado (SANDERSON, 2011; KIRSCHNER; MERRIËNBOER, 2013).

Tabela 10 – Número médio de questões corretas por grupo

		Infográfico		Gráfico+texto		teste-t		
		Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão	t	df	Sig.
Fase A	Visual	22,286	2,812	19,875	2,031	-1,923	13	0,077
	Verbal	21,857	3,078	19,000	5,916	-1,100	10	0,297
Fase B	Visual	33,500	6,276	34,125	4,853	0,231	16	0,820
	Verbal	35,250	5,500	33,600	3,847	-0,531	7	0,612
Fase C	Visual	32,000	7,563	30,625	6,802	-0,408	17	0,689
	Verbal	32,333	7,767	31,000	4,743	-0,308	6	0,768

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3.1 Lições Aprendidas

Os dados obtido no piloto do experimento não mostraram diferença estatística significativa entre o aprendizado dos alunos que utilizaram infográficos e dos que utilizaram gráficos+texto. Apesar disso, foi possível notar que o número médio de questões corretas aumentou mais da Fase A para a Fase B ($\Delta 1$) para os alunos que utilizaram gráficos+texto. No entanto, esse grupo também apresentou a maior queda no número médio de questões corretas da Fase B para a Fase C ($\Delta 2$). Esses dados foram sugerem que infográficos podem ser mais efetivos quanto a retenção de conhecimento do que o aprendizado imediato. Contudo, somente com uma amostra maior pode-se obter resultados mais significativos.

A percepção de satisfação do aluno parece não ter afetado o aprendizado quando comparados os dois grupos (infográficos e gráficos+texto). No entanto, para o grupo de alunos utilizando infográficos, o número de acertos durante o teste de conhecimento aplicado na Fase B apresentou correlação positiva com a declaração de satisfação. Ou seja, quanto mais positiva a percepção de satisfação, maior o número de acertos no teste de conhecimento. Ainda considerando a satisfação dos alunos, não foram encontradas evidências das preferências de aprendizes visuais ou verbais por determinado formato de material de aprendizagem. Do mesmo modo, a associação de estilos de aprendizagem com o formato de material não afetou o aprendizado.

Assim, nos dados obtidos com o piloto foi observado que o fator satisfação teve maior impacto no aprendizado do que estilo de aprendizagem e formato do material de aprendizagem. Essa análise preliminar contribuiu para identificar como os dados poderiam ser organizados, conferidos e analisados. Também propiciou identificar outras análises possíveis de serem feitas com os dados coletados e o uso do software estatístico SPSS. Essas análises estão apresentadas na Seção 4.4.

Outro objetivo da execução piloto foi testar a plataforma online de experimentação. Foi possível observar erros que puderam ser corrigidos com modificações no sistema. Durante a tabulação de dados, por exemplo, notou-se que alguns alunos realizaram a mesma fase do experimento mais de uma vez. Ao pensar sobre a motivação dos alunos, duas hipóteses foram criadas com base na observação do comportamento durante o experimento. A primeira é que os alunos, ao terminarem a fase, sentiam que poderiam melhorar sua performance se respondessem novamente. A segunda hipótese é que, ao notarem que o sistema de outros colegas apresentava materiais de aprendizagem em formatos diferentes, eles realizavam o login novamente esperando visualizar materiais de aprendizagem diferentes. Visto que as amostras que responderam mais de uma vez determinada fase precisaram ser excluídas, esse problema teve que ser corrigido. Para isso foi adicionada uma validação em cada módulo do sistema verificando se o aluno acessou e completou previamente o módulo referente à fase. Além disso, para a execução final do experimento, as três versões do módulo B foram dispostas de modo a minimizar a visão dos participantes sobre sistemas diferentes.

Outra mudança realizada no sistema foi a adição do feedback sobre o resultado do questionário de estilo de aprendizagem N-ILS, que não foi apresentado no piloto. Ao final da Fase A na execução piloto vários sujeitos solicitaram informações sobre o resultado do teste. Assim, foi adicionada uma página ao final da Fase A, em que os alunos poderiam visualizar seu estilo de aprendizagem e ler mais sobre o assunto. A página com o feedback pode ser vista na Figura 9 apresentada na Seção 3.3.

Também foi necessário realizar uma mudança relacionada à infraestrutura do experimento. Inicialmente fora planejado hospedar o sistema em um servidor contratado. No entanto, esse servidor não suportou o número de acessos simultâneos pois só disponibiliza 256 Mb de memória Java. A Fase A precisou ser reagendada, adiando todas as outras fases. Como solução, os sistemas foram hospedados em um servidor mais robusto, configurado em um computador do Laboratório de Engenharia de Software da Universidade de São Paulo, campus São Carlos, descrito na Seção 3.5. Após a mudança, o problema não persistiu e o piloto pôde prosseguir conforme o planejado.

Uma última mudança foi feita nos procedimentos de execução. Em todas as fases do piloto os alunos foram liberados ao terminar a atividade. No entanto, foi possível notar que alguns alunos ficaram ansiosos ou incomodados ao verem os colegas saindo e procuravam responder ou passar pelos materiais de aprendizagem mais rapidamente. Para a execução final, foi tomada a medida de pedir que os alunos esperassem em seus lugares sem se comunicar com os colegas,

até que todos terminassem a atividade.

4.4 Execução do Experimento

A partir dos problemas identificados na execução piloto foram implementadas melhorias na plataforma online e no protocolo de experimentação, descritas na Subseção 4.3.1. Com as correções efetuadas, um novo experimento foi realizado. O planejamento (escopo, contexto, variáveis, sujeitos e hipóteses) não sofreu alterações do piloto para a execução final. A principal mudança no experimento final foi o uso dos três formatos de materiais de aprendizagem (infográficos, gráficos+texto e texto puro). Ou seja, na Fase B do experimento os alunos foram distribuídos aleatoriamente entre as três versões do Módulo B da plataforma online de experimentação.

Com três grupos experimentais é necessário um número de amostras maior em cada grupo experimental a fim de atingir relevância estatística (COOK, 2006). Na expectativa de conseguir um número maior de participantes, o experimento final teve a coleta de dados realizada em dois momentos, ou seja, ocorreram duas execuções com as mesmas configurações. A primeira execução ocorreu em março de 2016 e contou com 58 alunos no primeiro semestre do curso de Engenharia de Computação. A segunda execução ocorreu em maio de 2016 e teve como sujeitos 44 alunos do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação.

Ao fim da segunda execução, os dados coletados foram tabulados e analisados utilizando o software estatístico SPSS. Dentre os 102 alunos participantes, os dados de 74 sujeitos puderam ser considerados completos, os outros não cumpriram as três fases do experimento. Os dados tabulados podem ser encontrados no LabPackage do experimento em <<http://kamilalyra.github.io/Experimento-Infograficos/index.html>>. Os 74 sujeitos têm, em média 18,8 ($\sigma = 3$) anos, sendo 68 do sexo masculino e 6 do sexo feminino. O questionário para estilos de aprendizagem N-ILS identificou 28 alunos verbais e 46 visuais. A tendência da maior presença de alunos visuais do que verbais em cursos de exatas foi descrita por Felder e Spurlin (2005) por meio de testes realizados em dez instituições de ensino de engenharia. A Tabela 11 mostra a distribuição de estilos de aprendizagem entre os materiais de aprendizagem utilizados. Lembrando que o estilo de aprendizagem do aluno não foi considerado durante a atribuição aleatória dos materiais de aprendizagem. Durante a Fase B (Intervenção e Pós-teste), 24 alunos foram atribuídos à infográficos, 23 alunos utilizaram gráficos+texto e 27 utilizaram o formato de material de aprendizagem texto puro.

4.4.1 Análise e Discussão dos Resultados

Após a execução das três fases do experimento, foi dado início à verificação e análise dos dados. Para realizar as análises, foi utilizado o software estatístico SPSS. A análise de dados é apresentada em três categorias: A Subseção de 4.4.1.1 Estatística Descritiva apresenta as médias

Tabela 11 – Caracterização dos sujeitos quantidade de alunos visuais e verbais por material

	Infográfico	Gráfico+texto	Texto	Total
Visual	18	11	17	46
Verbal	6	12	10	28
Total	24	23	27	

Fonte: Dados da pesquisa.

e medidas de dispersão para as variáveis aprendizado, satisfação e tempo. A subseção seguinte descreve as Correlações que puderam ser encontradas entre as variáveis quantitativas (Subseção 4.4.1.2). Por fim, na Subseção 4.4.1.3 são apresentados os Testes das Hipóteses definidas na Seção 4.1.4.

Primeiramente, os dados dos 74 alunos foram analisados com o objetivo de encontrar outliers (dados discrepantes ou incoerentes). Essa busca por outliers foi feita para identificar alunos que possivelmente executaram as atividades com pouco empenho (rapidamente e sem prestar atenção), fazendo com que seus dados estivessem distantes de representar a realidade. Logo, o que caracteriza um outlier no contexto deste experimento é a baixa taxa de acertos nos testes de conhecimento combinada com o pouco tempo gasto para respondê-los ou visualizar os materiais de aprendizagem. No entanto, não foram encontrados sujeitos com essas duas características combinadas. Ou seja, os outliers encontrados que apresentaram baixa taxa de acertos em um dos testes de conhecimento (ID = 62, 67, 18, 67) não apresentaram anomalia quanto ao tempo para realizar as tarefas. Assim, as 74 amostras foram mantidas. Os boxplots que identificaram os outliers quanto ao número de questões corretas em cada fase e quanto ao tempo gasto podem ser encontrados no LabPackage do experimento em <<http://kamilalyra.github.io/Experimento-Infograficos/index.html>>.

4.4.1.1 Estatística Descritiva

As comparações realizadas nesta seção analisam as diferenças de aprendizado, tempo e satisfação entre os materiais de aprendizagem utilizados pelos alunos (infográficos, gráficos+texto e texto puro). A Tabela 12 mostra os valores das médias e desvios padrão para as medidas de aprendizado e número de acertos. A medida Número de Acertos se refere às 45 questões presentes nos questionários de conhecimento aplicados em cada fase (descritos na Seção 3.2). Nosso interesse está em analisar o Número de Acertos dos testes aplicados nas Fases B e C, pois estes foram aplicados após a interação com os materiais de aprendizagem, logo, foram influenciados por eles. As medidas de aprendizado $\Delta 1$, $\Delta 2$ e $\Delta 3$ (descritas na Seção 5.1.2) representam respectivamente o quanto um aluno aprendeu da Fase A para a Fase B, o quanto um aluno perdeu da Fase B para a Fase C, e o quanto de conteúdo foi retido da Fase A até a Fase C do experimento.

Observando as médias expostas pela Tabela 12 podemos notar que o grupo que utilizou

gráficos+texto ($N = 23$) teve os melhores resultados para os testes de conhecimento aplicados nas fases subsequentes à interação com os materiais de aprendizado, Fase B ($\mu = 36,739$; $\sigma = 4,873$) e Fase C ($\mu = 34,609$; $\sigma = 5,366$). Além disso, o grupo que utilizou gráficos+texto também teve as maiores médias para o aprendizado imediato ($\Delta 1$: $\mu = 17,957$; $\sigma = 6,477$) e retenção ($\Delta 3$: $\mu = 15,826$; $\sigma = 7,328$). No entanto, considerando a medida $\Delta 2$, que representa a taxa de perda de conhecimento da Fase B para a Fase C, o melhor resultado foi obtido pelo grupo que utilizou infográficos ($N = 24$) ($\Delta 2$: $\mu = 2,000$; $\sigma = 2,064$). Enquanto que o grupo que mais perdeu conhecimento foi o grupo que utilizou texto ($\Delta 2$: $\mu = 3,000$; $\sigma = 2,496$). Este pode ser considerado um indício de que infográficos são mais adequados quando o objetivo é aprendizado efetivo, já que a taxa de perda foi a menor entre os grupos.

Tabela 12 – Número de acertos e medidas de aprendizado por material de aprendizagem

	Material de Aprendizagem					
	Infográfico		Gráfico+Texto		Texto	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Número de acertos na Fase A (Pré-teste)	19,708	3,342	18,783	4,000	17,889	4,466
Número de acertos na Fase B (Pós-teste)	35,125	5,067	36,739	4,873	35,519	6,852
Número de acertos na Fase C (Retenção)	33,125	5,448	34,609	5,366	32,519	6,047
$\Delta 1$ Aprendizado Imediato	15,417	5,064	17,957	6,477	17,630	6,851
$\Delta 2$ Perda	2,000	2,064	2,130	3,167	3,000	2,496
$\Delta 3$ Retenção	13,417	5,429	15,826	7,328	14,630	5,884

Fonte: Dados da pesquisa.

Para o grupo de alunos que utilizou infográficos o aprendizado também foi analisado considerando a complexidade do infográfico. A complexidade dos 15 infográficos foi calculada utilizando o *framework* proposto na Seção 3.1.2. Dentre as 45 questões que compõem cada questionário de conhecimento, 15 se referem à infográficos de uma mesma complexidade. É esperado que os alunos consigam retirar mais informações de infográficos classificados como de complexidade baixa do que de infográficos classificados como de média ou alta complexidade. As médias apresentadas na Tabela 13 são consistentes com essa afirmativa. Assim, o número médio de acertos no grupo de questões referentes aos infográficos de complexidade baixa foi o maior dentre os três grupos, tanto na Fase B ($\mu = 13,167$; $\sigma = 0,963$) como na Fase C ($\mu = 12,250$; $\sigma = 1,726$). Do mesmo modo, os alunos acertaram, em média, menos questões referentes aos infográficos de complexidade alta (Fase B: $\mu = 10,792$; $\sigma = 2,734$; Fase C: $\mu = 10,083$; $\sigma = 2,701$).

As medidas de aprendizado $\Delta 1$ e $\Delta 3$ também se apresentaram coerentes com a classificação de complexidade dos infográficos. Dentre os três níveis de complexidade, as maiores

médias de crescimento no número de questões corretas foram para as questões referentes aos infográficos de baixa complexidade ($\Delta 1$: $\mu = 7,417$; $\sigma = 1,954$ e $\Delta 3$: $\mu = 6,500$; $\sigma = 2,246$). Em contrapartida, a menor taxa de perda de conhecimento ($\Delta 2$) foi para as questões referentes aos infográficos de média complexidade ($\Delta 2$: $\mu = 0,375$; $\sigma = 1,013$) e a maior para os infográficos de baixa complexidade ($\Delta 2$: $\mu = 0,917$; $\sigma = 1,139$) contrariando a classificação de complexidade dos infográficos.

Tabela 13 – Número de acertos e medidas de aprendizado por complexidade do Infográfico

	Infográficos					
	Complexidade Baixa		Complexidade Média		Complexidade Alta	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Número de acertos na Fase A (Pré-teste)	5,750	1,894	7,958	1,160	6,000	1,842
Número de acertos na Fase B (Pós-teste)	13,167	0,963	11,167	2,099	10,792	2,734
Número de acertos na Fase C (Retenção)	12,250	1,726	10,792	2,206	10,083	2,701
$\Delta 1$ Aprendizado Imediato	7,417	1,954	3,208	2,187	4,792	3,148
$\Delta 2$ Perda	0,917	1,139	0,375	1,013	0,708	1,944
$\Delta 3$ Retenção	6,500	2,246	2,833	2,200	4,083	2,842

Fonte: Dados da pesquisa.

Durante o experimento foi medido o tempo que os alunos utilizaram para cumprir cada atividade. A coluna Tempo (seg) médio por visualização da Tabela 14, representa o tempo médio que o grupo de alunos passou em cada visualização. É possível notar que o grupo de alunos que utilizou infográficos foi o que passou menos tempo estudando cada infográfico ($\mu = 92,606s$; $\sigma = 45,038s$). Enquanto que os materiais na forma de gráfico+texto utilizaram, em média, o maior tempo de estudo por material ($\mu = 112,848s$; $\sigma = 58,240s$).

Além disso, a Tabela 14 também apresenta o tempo médio que cada grupo utilizou para responder às 45 questões do questionário de conhecimento aplicado em cada fase do experimento. Nosso interesse está em analisar o tempo dos testes aplicados nas Fases B e C, pois estes foram aplicados após a interação com os materiais de aprendizagem, logo, foram influenciados por eles. Tanto no teste aplicado imediatamente após a interação, quanto no teste aplicado uma semana após a interação, o grupo que utilizou gráfico+texto foi o que levou mais tempo para responder aos questionários (Fase B: $\mu = 363,083s$; $\sigma = 155,227s$ e Fase C: $\mu = 404,226s$; $\sigma = 130,579s$). O grupo de alunos que utilizou infográficos, foi o que respondeu aos testes mais rapidamente nas duas fases (Fase B: $\mu = 306,919s$; $\sigma = 57,322s$ e Fase C: $\mu = 352,832s$; $\sigma = 83,173s$).

Pela Tabela 14, ainda é possível notar a queda no tempo para responder ao questionário de conhecimento da Fase A para a Fase B, nos três grupos. Visto que precauções foram tomadas

para que os alunos não se familiarizassem com as questões (e.g. reescrever, mudar a ordem, espaçar as aplicações em no mínimo sete dias), a redução no tempo foi atribuída ao contato com os materiais de aprendizagem. A precaução de espaçar a aplicação do questionário da Fase B para a Fase C em uma semana previa o aumento nas médias de tempo que ocorreu entre as duas últimas fases, para os três grupos.

Tabela 14 – Tempo de visualização e de resposta por material de aprendizagem

	Tempo (seg) médio por visualização		Tempo (seg) para responder o questionário de conhecimento					
			Fase A (Pré-teste)		Fase B (Pós-teste)		Fase C (Retenção)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Infográfico	92,606	45,038	636,173	230,958	306,919	57,322	352,832	83,173
Gráfico+Texto	112,848	58,240	761,945	258,497	363,083	155,227	404,226	130,579
Texto	107,292	49,559	672,843	201,838	350,164	87,692	384,692	76,743

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando as variáveis de tempo e aprendizagem apresentadas até aqui, é possível notar que o grupo de alunos que utilizou infográficos não obteve as maiores taxas de acertos nem de aprendizado, no entanto, foi o grupo que utilizou menos tempo para estudar os materiais e responder aos questionários de conhecimento. A partir dessa observação, foi levantado o questionamento sobre a eficiência do material de aprendizagem, sendo considerado mais eficiente o grupo experimental em que o aluno acertou mais questões ou aprendeu mais em menos tempo. Assim, a Tabela 15 compara os grupos (infográfico, gráficos+texto e texto puro) de acordo com sua eficiência. O cálculo das medidas de eficiência é dado pela divisão do número de acertos, ou da medida de aprendizado ($\Delta 1$ e $\Delta 3$), pelo tempo de estudo do material, e pode ser visto nas linhas 1 a 4 da Tabela 15. Quanto maior o valor, mais eficiente foi a performance do grupo. As linhas 5 e 6 da Tabela 15 ilustram a eficiência dos grupos em responder aos questionários de aprendizagem nas Fases B e C, logo, consideram o tempo para responder às 45 questões ao invés do tempo de visualização por material.

Para as seis medidas de eficiência mostradas na Tabela 15, o grupo que utilizou infográficos apresentou o maior coeficiente em todas. Ou seja, embora isoladamente alguns dos resultados para as variáveis de aprendizagem tenham sido piores no grupo experimental (i.e. utilizando infográficos), os alunos nesse grupo precisaram de menos tempo de estudo para acertar mais questões.

Segundo a Teoria dos Estilos de Aprendizagem de Felder e Silverman (1988), alunos visuais têm o aprendizado beneficiado pelo uso de materiais ilustrados e alunos verbais se beneficiam de materiais predominantemente textuais. Logo, é esperado que o uso de materiais na forma de infográficos favoreça o aprendizado de alunos visuais, fazendo com que esse grupo apresente médias maiores do que o grupo de alunos verbais utilizando o mesmo material. A Tabela 16, a seguir, mostra as médias de acertos em cada fase e as médias de aprendizado ($\Delta 1$, $\Delta 2$ e $\Delta 3$) considerando os estilos de aprendizagem dentro dos grupos.

Tabela 15 – Eficiência por material de aprendizagem

	Infográficos	Gráfico+Texto	Texto
$\Delta 1$ / Tempo (seg) médio por visualização	0,166	0,159	0,164
$\Delta 3$ / Tempo (seg) médio por visualização	0,145	0,140	0,136
Número de acertos na Fase B (Pós-teste) / Tempo (seg) médio por visualização	0,379	0,326	0,331
Número de acertos na Fase C (Retenção) / Tempo (seg) médio por visualização	0,358	0,307	0,303
Número de acertos na Fase B (Pós-teste) / Tempo para responder o Pós-teste	0,114	0,101	0,101
Número de acertos na Fase C (Retenção) / Tempo para responder a Retenção	0,094	0,086	0,085

Fonte: Dados da pesquisa.

Como resultado, foi observado que, dentre os alunos visuais, o grupo que obteve as maiores médias foi o que utilizou o formato gráfico+texto (Fase B: $\mu = 37,636$; $\sigma = 4,843$; Fase C: $\mu = 35,182$; $\sigma = 5,636$; $\Delta 1$: $\mu = 18,545$; $\sigma = 5,820$; $\Delta 3$: $\mu = 16,091$; $\sigma = 7,286$). E, contrariando a Teoria dos Estilos de Aprendizagem, o grupo de alunos que utilizou infográficos foi o que obteve as menores médias dentre os visuais (Fase B: $\mu = 34,944$; $\sigma = 5,352$; Fase C: $\mu = 32,722$; $\sigma = 5,367$; $\Delta 1$: $\mu = 15,167$; $\sigma = 5,079$; $\Delta 3$: $\mu = 12,944$; $\sigma = 4,893$).

No mesmo sentido, os alunos classificados como verbais não foram beneficiados pelo uso do material puramente textual. Com exceção da medida de aprendizado imediato ($\Delta 1$: $\mu = 16,800$; $\sigma = 6,197$) que foi menor para o grupo que utilizou infográficos ($\Delta 1$: $\mu = 16,167$; $\sigma = 5,419$), os alunos verbais obtiveram as menores médias utilizando o formato textual (Fase B: $M = 33,100$; $\sigma = 6,315$; Fase C: $\mu = 30,300$; $\sigma = 6,634$; $\Delta 3$: $\mu = 14,000$; $\sigma = 5,270$) em comparação com os outros materiais.

Apesar de não obter os melhores resultados considerando os números de acertos e as medidas de aprendizagem $\Delta 1$ e $\Delta 3$, o grupo que utilizou infográficos teve as menores médias de perda de conhecimento, tanto para o estilo visual ($\Delta 2$: $\mu = 2,222$; $\sigma = 2,074$) quanto para o verbal ($\Delta 2$: $\mu = 1,333$; $\sigma = 2,066$). Este pode ser mais um indício de que o objetivo de aprendizagem adequado para o uso de infográficos é o aprendizado efetivo, independentemente do estilo de aprendizagem do aluno.

Assim como é feito por Kristensen (KRISTENSEN *et al.*, 2011), as medidas da auto-declaração de satisfação dadas pelos alunos na escala SAM (Seção 3.4) foram consideradas como dados quantitativos (numéricos e não categóricos). Desse modo, também foram utilizadas técnicas de análise descritiva como cálculo de médias e medidas de dispersão para analisar os dados. Os dados sobre a satisfação do aluno foram coletados durante a Fase B, em sete momentos diferentes como pode ser visto na Seção 4.2. A Figura 18 mostra a média dos valores dados para satisfação entre os grupos em cada um dos sete momentos de questionamento. O grupo de alunos

Tabela 16 – Número de acertos e medidas de aprendizado por Estilos de Aprendizagem

	Estilo	Infográfico		Gráfico+Texto		Texto	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Número de acertos na Fase A (Pré-teste)	Visual	19,778	3,490	19,091	3,833	18,824	3,087
	Verbal	19,500	3,146	18,500	4,296	16,300	6,019
Número de acertos na Fase B (Pós-teste)	Visual	34,944	5,352	37,636	4,843	36,941	6,932
	Verbal	35,667	4,502	35,917	4,963	33,100	6,315
Número de acertos na Fase C (Retenção)	Visual	32,722	5,367	35,182	5,636	33,824	5,457
	Verbal	34,333	6,022	34,083	5,299	30,300	6,634
$\Delta 1$ Aprendizado Imediato	Visual	15,167	5,079	18,545	5,820	18,118	7,347
	Verbal	16,167	5,419	17,417	7,242	16,800	6,197
$\Delta 2$ Perda	Visual	2,222	2,074	2,455	3,078	3,118	2,891
	Verbal	1,333	2,066	1,833	3,353	2,800	1,751
$\Delta 3$ Retenção	Visual	12,944	4,893	16,091	7,286	15,000	6,344
	Verbal	14,833	7,139	15,583	7,681	14,000	5,270

Fonte: Dados da pesquisa.

que utilizou o formato texto puro, foi o que apresentou as menores médias de satisfação durante todo o decorrer da Fase B.

Figura 18 – Média de satisfação no decorrer da Fase B, por grupo

Fonte: Dados da pesquisa.

Para calcular a média de satisfação do grupo foi considerado um único valor de satisfação de cada sujeito. Esse valor é a média dos valores dados pelo sujeitos nos sete momentos de questionamento. A Tabela 17, mostra a média de cada grupo, na linha Agregado, sem separar os alunos em visuais e verbais. Apesar da pouca diferença entre as médias, o grupo com o maior valor é o grupo gráfico+texto ($\mu = 5,926$; $\sigma = 1,610$) e com o menor valor é o grupo que utilizou texto puro ($\mu = 4,7944$; $\sigma = 1,923$), em conformidade com a Figura 18.

Tabela 17 – Satisfação por material de aprendizagem e por Estilo de Aprendizagem

	Infográfico		Gráfico+Texto		Texto	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Agregado	5,422	1,917	5,926	1,610	4,794	1,923
Visual	5,238	1,561	6,091	1,661	4,614	1,971
Verbal	5,976	2,852	5,775	1,619	5,101	1,899

Fonte: Dados da pesquisa.

Felder e Silverman definem o estilo de aprendizagem como a forma como o indivíduo prefere receber e processar informações (FELDER; SILVERMAN, 1988). Sendo assim, por estar ligada às preferências individuais, é possível associar o sentimento de prazer do aluno ao uso do material correspondente ao seu estilo de aprendizagem. A Tabela 17 mostra as médias de satisfação de cada grupo considerando os estilos de aprendizagem visual e verbal. A maior média de satisfação entre os alunos visuais é a do grupo que utilizou o formato gráfico+texto ($\mu = 6,091$; $\sigma = 1,661$). Entre os alunos verbais, o grupo que utilizou infográficos apresentou a maior média de satisfação ($\mu = 5,976$; $\sigma = 2,852$). Estes resultados oferecem mais subsídios à **vertente contrária** a Teoria de Estilos de Aprendizagem, discutida na Seção 2.4.2, sobre a falta de evidências sobre o real impacto dos Estilos de Aprendizagem.

As Figuras 19 e 20 mostram a variação das médias de satisfação no decorrer da Fase B, para os estilos visuais e verbais, respectivamente. Para os alunos visuais (Figura 19) é possível observar a diferença entre as médias, onde o grupo que utilizou o formato textual obteve a menor média de satisfação durante toda a atividade. Já na Figura 20, que representa o grupo de alunos verbais, podemos visualizar a média levemente mais alta no decorrer da Fase B para o grupo que utilizou infográficos.

4.4.1.2 Correlações entre as variáveis

Além da comparação das médias entre os grupos, foram calculadas as correlações entre as variáveis tempo, satisfação e aprendizado utilizando o coeficiente de correlação de Pearson (r). Este coeficiente assume valores entre -1 e $+1$. Valores próximos de 1 significam correlação positiva entre duas variáveis, ou seja, o valor de uma variável aumenta à medida que a outra também aumenta. Valores próximos de -1 significam correlação negativa, o acréscimo de uma implica em decréscimo de outra. E valores próximos de 0 significam não dependência linear entre as variáveis. Para decidir se a relação linear existente entre as amostras é forte o suficiente e pode ser generalizada para a população, foi executado um teste de hipótese sobre o coeficiente de correlação. Se o valor para o teste de significância (*Sig.*) for menor que $0,05$ concluímos que existe uma relação linear significativa entre duas variáveis, pois o coeficiente de correlação é significativamente diferente de zero.

A seguir são discutidas as correlações mais relevantes encontradas entre as variáveis com

Figura 19 – Média de satisfação no decorrer da Fase B para alunos visuais por grupo

Fonte: Dados da pesquisa.

o auxílio das tabelas de correlações. As correlações significativas ($p < 0,05$) estão marcadas com dois asteriscos (**). Primeiramente são analisadas as correlações para cada grupo experimental (infográficos, gráficos+texto e texto puro), em seguida são considerados os estilos de aprendizagem dentro dos grupos.

Para o grupo de alunos que usou **infográficos** ($N = 24$), a variável tempo apresentou correlação positiva e significativa com quase todas as medidas de aprendizado (Fase B: $r = ,727$; $p = ,000$; Fase C: $r = ,690$; $p = ,000$; $\Delta 1$: $r = ,646$; $p = ,001$ e $\Delta 3$: $r = ,616$; $p = ,001$), com exceção do número de acertos na Fase A ($r = ,124$; $p = ,565$) e da medida de perda de conhecimento ($\Delta 2$: $r = -,035$; $p = ,872$). Essa correlação entre tempo e aprendizagem indica que quanto mais tempo um aluno despendeu visualizando cada infográfico, maior foi seu resultado para aprendizado e retenção. disso, nesse grupo, a variável tempo também apresentou correlação significativa com a variável satisfação ($r = ,494$; $p = ,014$), isto é, o aluno que passou mais tempo visualizando os infográficos também declarou satisfação mais positiva durante a atividade. No entanto, não é possível identificar uma relação causal entre as duas variáveis, ou seja, não é possível afirmar que o aluno passou mais tempo visualizando os infográficos por estar mais satisfeito, nem que o aluno estava mais satisfeito por ter passado mais tempo visualizando os infográficos. É importante ressaltar que essa correlação significativa entre tempo e satisfação não foi encontrada para os outros materiais (gráfico+texto e texto puro). Por fim, a média de satisfação não apresentou correlação significativa com nenhuma medida de aprendizado. As correlações entre todas as variáveis para o grupo que utilizou infográficos são exibidas na Tabela 18.

Figura 20 – Média de satisfação no decorrer da Fase B para alunos verbais por grupo

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 18 – Correlações entre as variáveis para o grupo Infográficos

		Acertos na Fase A	Acertos na Fase B	Acertos na Fase C	Aprendizado Imediato (B-A)	Perda (B-C)	Retenção (C-A)	Média da Satisfação	Tempo Médio por Visualização
Acertos na Fase A	r	1							
	Sig.								
Acertos na Fase B	r	,331	1						
	Sig.	,114							
Acertos na Fase C	r	,312	,925**	1					
	Sig.	,137	,000						
Aprendizado Imediato (B-A)	r	-,329	,782**	,720**	1				
	Sig.	,116	,000	,000					
Perda (B-C)	r	-,013	,012	-,367	,021	1			
	Sig.	,953	,954	,077	,923				
Retenção (C-A)	r	-,302	,725**	,811**	,925**	-,361	1		
	Sig.	,151	,000	,000	,000	,083			
Média da Satisfação	r	-,073	,230	,350	,279	-,359	,397	1	
	Sig.	,735	,279	,093	,187	,085	,055		
Tempo Médio por Visualização	r	,124	,727**	,690**	,646**	-,035	,616**	,494**	1
	Sig.	,565	,000	,000	,001	,872	,001	,014	

Fonte: Dados da pesquisa.

Diferentemente do grupo de infográficos, no grupo de alunos que utilizou gráfico+texto como material de aprendizagem (N = 23) a correlação entre as variáveis média de satisfação e média de tempo não foi significativamente diferente de zero, como mencionado anteriormente. A variável satisfação também não apresentou correlação significativa com nenhuma das medidas de aprendizagem. As correlações entre todas as variáveis para o grupo que utilizou gráficos+texto são exibidas na Tabela 19. Para este grupo foi encontrada uma correlação significativa e negativa entre

a variável tempo médio por visualização e número de acertos no questionário de conhecimento aplicado na Fase A ($r = -,546$; $p = ,007$). Por meio da Figura 21 podemos ver que quanto menos questões um aluno acertou na Fase A, mais tempo ele passa, em média, visualizando os gráficos+textos na Fase B. Isso pode ser um indício de que os alunos com baixo conhecimento prévio precisem de mais tempo para estudar o material nesse formato, ou ainda, que os alunos nesse grupo estiveram conscientes de suas performances na primeira fase do experimento e utilizaram do tempo de estudo para recuperar a pontuação nos testes seguintes.

Figura 21 – Relação linear entre as variáveis Tempo e Acertos na Fase A, para o grupo gráfico+texto

Fonte: Dados da pesquisa.

Além do número de acertos na Fase A, a variável tempo apresentou correlação positiva e significativa com outras medidas de aprendizado (Fase C: $r = ,436$; $p = ,037$; $\Delta 1$: $r = ,562$; $p = ,005$ e $\Delta 3$: $r = ,618$; $p = ,002$), com exceção do número de acertos na Fase B ($r = ,299$; $p = ,165$) e da medida de perda de conhecimento ($\Delta 2$: $r = -,279$; $p = ,198$). Do mesmo modo que ocorre para infográficos, essa correlação indica a proporcionalidade entre tempo de estudo e a performance na aprendizagem e retenção. Ainda para o grupo que utilizou gráficos+texto, a Tabela 19 exibe outras duas correlações significativas e negativas para a variável número de acertos na Fase A com as duas medidas de aprendizado ($\Delta 1$: $r = -,660$; $p = ,001$ e $\Delta 3$: $r = -,698$; $p = ,000$). Essas duas correlações negativas significam que quanto menor o conhecimento prévio do aluno (Fase A) maior foi sua taxa de aprendizado imediato e de retenção de conhecimento. De fato, essas duas correlações aconteceram para todos os tipos de materiais, mas foi significativa apenas para o grupo gráfico+texto, como pode ser visto nas Figuras 22 e 23. Assim, este é um indício de que o grau de conhecimento inicial do aluno deve ser considerado como fator na escolha do formato do material de aprendizagem utilizado.

Os valores das correlações para o grupo de alunos que usou texto puro ($N = 27$) são

Figura 22 – Relação linear entre as variáveis Acertos na Fase A e Aprendizado Imediato, para o grupo gráfico+texto

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 19 – Correlações entre as variáveis para o grupo Gráfico+Texto

		Acertos na Fase A	Acertos na Fase B	Acertos na Fase C	Aprendizado Imediato (B-A)	Perda (B-C)	Retenção (C-A)	Média da Satisfação	Tempo Médio por Visualização
Acertos na Fase A	r	1							
	Sig.								
Acertos na Fase B	r	-,057	1						
	Sig.	,797							
Acertos na Fase C	r	-,207	,813**	1					
	Sig.	,342	,000						
Aprendizado Imediato (B-A)	r	-,660**	,787**	,740**	1				
	Sig.	,001	,000	,000					
Perda (B-C)	r	,264	,161	-,444*	-,042	1			
	Sig.	,223	,462	,034	,850				
Retenção (C-A)	r	-,698**	,626**	,846**	,902**	-,469**	1		
	Sig.	,000	,001	,000	,000	,024			
Média da Satisfação	r	-,192	-,200	-,023	-,033	-,269	,088	1	
	Sig.	,381	,359	,917	,883	,214	,691		
Tempo Médio por Visualização	r	-,546**	,299	,436**	,562**	-,279	,618**	,156	1
	Sig.	,007	,165	,037	,005	,198	,002	,476	

Fonte: Dados da pesquisa.

apresentados na Tabela 20. Assim como para o grupo que utilizou infográficos, a variável tempo apresentou correlação positiva e significativa com as mesmas medidas de aprendizado (Fase B: $r = ,647$; $p = ,000$; Fase C: $r = ,636$; $p = ,000$; $\Delta 1$: $r = ,673$; $p = ,000$ e $\Delta 3$: $r = ,683$; $p = ,000$), estendendo para os três grupos a correlação entre tempo de estudo e aprendizagem. O grupo que utilizou texto puro também obteve correlação significativa e positiva entre a média

Figura 23 – Relação linear entre as variáveis Acertos na Fase A e Retenção, para o grupo gráfico+texto

Fonte: Dados da pesquisa.

de satisfação e o número de acertos na Fase C ($r = ,399$; $p = ,039$). Ou seja, alunos que se declararam mais satisfeitos durante a Fase B, ao utilizarem textos, acertaram mais questões na Fase C que ocorreu uma semana depois. Essa correlação pode indicar que a capacidade de relembrar informações representadas no formato textual está atrelada à percepção individual do usuário sobre o material. Essa afirmativa pode ser verificada ao analisarmos os estilos de aprendizagem dentro do grupo texto, o que será feito a seguir. Além disso, esse grupo também apresentou correlação significativa e positiva entre o número de questões corretas na Fase A e na Fase C ($r = ,405$; $p = ,036$), indicando a maior probabilidade de alunos com conhecimento prévio maior acertarem mais questões no teste aplicado na Fase C.

A seguir serão discutidas as correlações considerando os **estilos de aprendizagem** dentro dos grupos experimentais. As Tabelas 21, 22 e 23 mostram os valores das correlações entre as variáveis para os grupos infográficos, gráficos+texto e texto puro, respectivamente. Acima da diagonal principal das matrizes de correlações podem ser encontrados os coeficientes referentes ao grupo de alunos visuais, e abaixo da diagonal principal estão os valores para o grupo de alunos verbais.

Para o grupo **infográficos**, é interessante ressaltar que apenas os alunos **verbais** ($N = 6$) apresentaram coeficientes de correlação significativos para a variável **satisfação**. As correlações significativas e positivas ocorreram entre satisfação e tempo ($r = ,895$; $p = ,016$), satisfação e número de acertos na Fase C ($r = ,839$; $p = ,015$), e satisfação e retenção ($r = ,835$; $p = ,039$). Lembrando que, sem considerar os estilos de aprendizagem, a variável satisfação não apresentou

Tabela 20 – Correlações entre as variáveis para o grupo Texto

		Acertos na Fase A	Acertos na Fase B	Acertos na Fase C	Aprendizado Imediato (B-A)	Perda (B-C)	Retenção (C-A)	Média da Satisfação	Tempo Médio por Visualização
Acertos na Fase A	r	1							
	Sig.								
Acertos na Fase B	r	,326	1						
	Sig.	,097							
Acertos na Fase C	r	,405**	,933**	1					
	Sig.	,036	,000						
Aprendizado Imediato (B-A)	r	-,326	,788**	,669**	1				
	Sig.	,097	,000	,000					
Perda (B-C)	r	-,086	,486**	,138	,542**	1			
	Sig.	,669	,010	,494	,003				
Retenção (C-A)	r	-,343	,711**	,720**	,934**	,207	1		
	Sig.	,080	,000	,000	,000	,301			
Média da Satisfação	r	,147	,366	,399*	,270	,038	,298	1	
	Sig.	,464	,061	,039	,173	,852	,131		
Tempo Médio por Visualização	r	-,039	,647**	,636**	,673**	,235	,683**	,248	1
	Sig.	,847	,000	,000	,000	,238	,000	,212	

Fonte: Dados da pesquisa.

correlação significativa com nenhuma medida de aprendizagem (Tabela 18). Assim, além de associar o tempo de estudo de um infográfico com a satisfação declarada pelo aluno, também é possível associar a satisfação positiva com maior número de acertos na Fase C e maior retenção de conhecimento para os alunos **verbais**.

Contrariando a Teoria de Estilos de Aprendizagem, os alunos **visuais** (N = 18) que utilizaram infográficos não obtiveram correlações significativas entre satisfação e outras variáveis. É possível observar na Tabela 21 que os valores para os testes de significância da correlação entre as variáveis tempo e aprendizado imediato ($\Delta 1$: $r = ,743$; $p = ,090$) e tempo e retenção de conhecimento ($\Delta 3$: $r = ,770$; $p = ,073$) não resultaram em valores significativos, embora a correlação tenha sido considerada estatisticamente forte ($r > ,600$ ou $r < -,600$).

A Tabela 22 apresenta os coeficientes de correlação entre as variáveis o grupo **gráfico+texto**, considerando os estilos de aprendizagem. Como pode ser visto na Tabela E, tanto para os alunos **verbais** (N = 12) como para os **visuais** (N = 11) foi encontrada correlação significativa e negativa entre o número de acertos na **Fase A** e a **retenção** ($\Delta 3$) de conhecimento (Ver: $r = -,748$; $p = ,005$ e Vis: $r = -,645$; $p = ,032$), assim como ocorreu para o grupo sem considerar os estilos de aprendizagem (Tabela 19). Ou seja, os alunos com menos conhecimento prévio alcançaram os maiores valores de retenção. Essa correlação negativa, presente para os dois estilos de aprendizagem, reforça o que foi mencionado sobre a importância de considerar o nível do aluno na escolha do formato do material de aprendizagem. No entanto, a correlação entre o número de acertos na Fase A e o aprendizado imediato, também encontrada sem considerar os estilos de aprendizagem, só foi significativa para o grupo de alunos com estilo de aprendizagem **verbal** ($r = -,744$; $p = ,006$).

Tabela 21 – Correlações entre as variáveis para o grupo de alunos visuais e verbais que utilizaram infográficos

		Acertos na Fase A	Acertos na Fase B	Acertos na Fase C	Aprendizado Imediato (B-A)	Perda (B-C)	Retenção (C-A)	Média da Satisfação	Tempo Médio por Visualização
Acertos na Fase A	r	1	,402	,455	-,263	-,139	-,214	,033	,197
	Sig.		,098	,058	,291	,582	,393	,895	,433
Acertos na Fase B	r	,028	1	,925**	,777**	,187	,728**	,005	,710**
	Sig.	,958		,000	,000	,458	,001	,984	,001
Acertos na Fase C	r	-,127	,964**	1	,662**	-,200	,772**	,048	,605**
	Sig.	,811	,002		,003	,426	,000	,851	,008
Aprendizado Imediato (B-A)	r	-,557	,814**	,874**	1	,292	,914**	-,018	,613**
	Sig.	,251	,049	,023		,239	,000	,945	,007
Perda (B-C)	r	,431	-,631	-,815**	-,774	1	-,120	-,110	,267
	Sig.	,394	,179	,048	,071		,634	,663	,283
Retenção (C-A)	r	-,548	,801	,899**	,983**	-,877*	1	,029	,523**
	Sig.	,261	,056	,015	,000	,022		,911	,026
Média da Satisfação	r	-,288	,754	,839**	,793	-,803	,835**	1	,181
	Sig.	,580	,084	,037	,060	,054	,039		,473
Tempo Médio por Visualização	r	-,046	,862**	,888**	,743	-,710	,770	,895**	1
	Sig.	,930	,027	,018	,090	,114	,073	,016	

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 22 – Correlações entre as variáveis para o grupo de alunos visuais e verbais que utilizaram gráfico+texto

		Acertos na Fase A	Acertos na Fase B	Acertos na Fase C	Aprendizado Imediato (B-A)	Perda (B-C)	Retenção (C-A)	Média da Satisfação	Tempo Médio por Visualização
Acertos na Fase A	r	1	,115	-,154	-,563	,462	-,645**	-,434	-,558
	Sig.		,736	,652	,071	,152	,032	,182	,075
Acertos na Fase B	r	-,220	1	,838**	,756**	,039	,588	-,022	-,093
	Sig.	,493		,001	,007	,909	,057	,949	,786
Acertos na Fase C	r	-,274	,788**	1	,798**	-,513	,854**	,309	,239
	Sig.	,390	,002		,003	,107	,001	,355	,479
Aprendizado Imediato (B-A)	r	-,744**	,816**	,703**	1	-,272	,914**	,268	,290
	Sig.	,006	,001	,011		,418	,000	,426	,387
Perda (B-C)	r	,107	,234	-,414	,097	1	-,640**	-,601	-,584
	Sig.	,740	,464	,181	,765		,034	,050	,059
Retenção (C-A)	r	-,748**	,667**	,843**	,901**	-,345	1	,468	,478
	Sig.	,005	,018	,001	,000	,272		,147	,137
Média da Satisfação	r	-,007	-,407	-,375	-,274	-,010	-,255	1	,434
	Sig.	,983	,190	,230	,388	,976	,425		,182
Tempo Médio por Visualização	r	-,624**	,708**	,673**	,855**	-,016	,814**	-,226	1
	Sig.	,030	,010	,016	,000	,960	,001	,479	

Fonte: Dados da pesquisa.

Considerando o grupo de alunos que utilizou o material no formato de **texto puro** e apresentaram estilo de aprendizagem **visual** (N = 17), é possível identificar correlação significativa e positiva entre a variável **satisfação** e número de acertos na **Fase B** ($r = ,516$; $p = ,034$) e na Fase C ($r = ,660$; $p = ,004$). Assim, quanto mais positiva foi a satisfação declarada pelo aluno visual, ao utilizar textos, mais questões foram acertadas nos questionários de conhecimento aplicado na Fase B e C. Apesar de o estilo de aprendizagem não ser correspondente com o material de aprendizagem utilizado, as médias de acertos nas Fases B (Vis: $\mu = 36,941$; $\sigma = 6,932$ e Ver:

$\mu = 33,100$; $\sigma = 6,315$) e C (Vis: $\mu = 33,824$; $\sigma = 5,457$ e Ver: $\mu = 30,300$; $\sigma = 6,634$) são indícios de que a percepção individual do aluno influenciou em sua performance. Os coeficientes de correlação considerando os estilos visuais e verbais do grupo texto são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – Correlações entre as variáveis para o grupo de alunos visuais e verbais que utilizaram texto

		Acertos na Fase A	Acertos na Fase B	Acertos na Fase C	Aprendizado Imediato (B-A)	Perda (B-C)	Retenção (C-A)	Média da Satisfação	Tempo Médio por Visualização
Acertos na Fase A	r	1	,084	-,028	-,341	,255	-,511**	,324	-,171
	Sig.		,748	,915	,181	,324	,036	,205	,511
Acertos na Fase B	r	,496	1	,918**	,908**	,665**	,749**	,516*	,714**
	Sig.	,145		,000	,000	,004	,001	,034	,001
Acertos na Fase C	r	,657**	,965**	1	,878**	,314	,874**	,660**	,787**
	Sig.	,039	,000		,000	,219	,000	,004	,000
Aprendizado Imediato (B-A)	r	-,466	,537	,345	1	,520**	,921**	,351	,745**
	Sig.	,175	,109	,329		,032	,000	,167	,001
Perda (B-C)	r	-,700**	-,048	-,310	,631	1	,147	-,009	,226
	Sig.	,024	,895	,384	,051		,575	,973	,383
Retenção (C-A)	r	-,315	,648**	,508	,966**	,409	1	,410	,760**
	Sig.	,375	,043	,133	,000	,240		,102	,000
Média da Satisfação	r	,088	,224	,156	,143	,217	,096	1	,317
	Sig.	,809	,533	,666	,693	,548	,791		,215
Tempo Médio por Visualização	r	-,008	,456	,369	,472	,246	,473	,175	1
	Sig.	,982	,186	,294	,168	,493	,167	,629	

Fonte: Dados da pesquisa.

4.4.1.3 Testes de Hipóteses

Para testar as hipóteses formuladas na Subseção 4.1.4, foi utilizado o teste *One-way ANOVA (Analysis of Variance)*, que é recomendado para configurações experimentais nas quais existe um fator (material de aprendizagem) e mais de dois tratamentos (infográfico, gráfico e texto), e nas quais as métricas das variáveis dependentes (aprendizado e conhecimento retido) apresentam medidas na escala razão. O teste ANOVA também assume que os dados a serem testados se apresentam em uma distribuição normal. O teste de normalidade dos dados e os gráficos Q-Q plot podem ser encontrados no LabPackage do experimento em <<http://kamilalyra.github.io/Experimento-Infograficos/index.html>>.

No contexto desse experimento, o teste ANOVA foi utilizado para comparar as médias das medidas de aprendizado, tempo e satisfação entre os três grupos experimentais e verificar se existe diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre elas. Os resultados e a interpretação dos testes são apresentados a seguir para cada questão de pesquisa e conjunto de hipóteses com o auxílio de tabelas, onde as diferenças estatísticas significativas são marcadas com asterisco (**).

A primeira hipótese a ser testada é referente à principal questão de pesquisa deste trabalho: **QP1** - *O aprendizado por meio de infográficos é maior do que o aprendizado por meio dos materiais de aprendizagem tradicionais (gráfico+texto e texto puro)?* A Tabela 24 mostra o resultado do teste ANOVA para as medidas de aprendizado ($\Delta 1$, $\Delta 2$ e $\Delta 3$) e para as

médias de número de acertos nos testes de conhecimento. Pelo valor da coluna Sig. é possível observar que não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre as médias dos três grupos para nenhuma das medidas (Fase B: $F(2, 71) = ,506$; $p = ,605$; Fase C: $F(2, 71) = ,882$; $p = ,419$; $\Delta 1$: $F(2, 71) = 1,194$; $p = ,309$; $\Delta 2$: $F(2, 71) = 1,125$; $p = ,330$; $\Delta 3$: $F(2, 71) = ,877$; $p = ,420$). Ou seja, embora a média de aprendizado imediato e retenção para o grupo que utilizou gráfico+texto ($\Delta 1$: $\mu = 17,957$; $\sigma = 6,477$ e $\Delta 3$: $\mu = 15,826$; $\sigma = 7,328$) seja a maior em comparação com os infográficos e texto puro, não é possível generalizar essa diferença para a população. Assim, considerando as hipóteses formais levantadas para a QP1 e o resultado do teste ANOVA, não foi possível refutar a hipótese nula que afirma não existir diferença entre as médias de aprendizado para os três formatos de material de aprendizagem.

Em resposta formal à **QP1**: Não, o aprendizado por meio de materiais na forma de infográfico demonstrou ser muito semelhante ao aprendizado a partir de materiais nos formatos tradicionais (gráfico+texto e texto puro). De fato, no contexto deste estudo, os infográficos foram utilizados como materiais de aprendizagem sem prejuízo ao aprendizado do aluno, obtendo médias de aprendizado semelhantes às médias dos grupos gráfico+texto e texto puro. Ou seja, o formato infográfico é tão bom quando os formatos já utilizados. Ainda, apesar das médias para o grupo texto serem as menores, não é possível afirmar que esse grupo foi o pior considerando a aprendizagem.

A **QP2** considera a influência da variável experimental complexidade dos infográficos. Para responder à essa questão de pesquisa também será utilizado o teste ANOVA. Neste caso, o fator é a complexidade do material e os três tratamentos são: complexidade baixa, média ou alta. A Tabela 25 mostra o resultado do teste estatístico para as medidas de aprendizagem, comparando as médias de acertos nas questões referentes aos infográficos de baixa, média e alta complexidade. É possível observar a diferença estatisticamente significativa entre as médias de aprendizagem dos três grupos de complexidade (Fase B: $F(2, 69) = 9,163$; $p = ,000$; Fase C: $F(2, 69) = 5,803$; $p = ,005$; $\Delta 1$: $F(2, 69) = 17,573$; $p = ,000$; $\Delta 3$: $F(2, 69) = 13,926$; $p = ,000$), com exceção da medida de perda de conhecimento ($\Delta 2$: $F(2, 69) = ,880$; $p = ,419$).

Os valores significativos indicam que, dentre as médias dos três grupos analisados, ao menos duas foram consideradas estatisticamente diferentes em 95% dos casos ($p = 0,05$). No entanto, é preciso identificar quais são esses grupos. Assim foi executado o teste de Múltiplas Comparações que é mostrado na Tabela 26 para identificar os grupos com médias significativamente diferentes, que foram marcados por asterisco (**). Tanto para a variável aprendizado imediato, quanto para a retenção de conhecimento existe diferença significativa entre as médias dos infográficos de complexidade baixa e média ($\Delta 1$: $p = ,000$; $\Delta 3$: $p = ,000$) e baixa e alta ($\Delta 1$: $p = ,001$; $\Delta 3$: $p = ,003$). Porém, a diferença entre as médias referentes às complexidades média e alta não foram estatisticamente significativas nas mesmas duas medidas ($\Delta 1$: $p = ,077$; $\Delta 3$: $p = ,187$). Por meio da estatística descritiva, podemos observar que a média de aprendizado imediato e retenção foi mais alta para os infográficos de baixa complexidade ($\Delta 1$:

Tabela 24 – Teste ANOVA para as medidas de aprendizagem considerando os grupos

		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Acertos na Fase A	Entre grupos	42,084	2	21,042	1,325	,272
	Dentro dos Grupos	1127,538	71	15,881		
	Total	1169,622	73			
Acertos na Fase B	Entre grupos	33,294	2	16,647	,506	,605
	Dentro dos Grupos	2333,801	71	32,870		
	Total	2367,095	73			
Acertos na Fase C	Entre grupos	56,305	2	28,152	,882	,419
	Dentro dos Grupos	2266,844	71	31,927		
	Total	2323,149	73			
Aprendizado Imediato (B-A)	Entre grupos	91,900	2	45,950	1,194	,309
	Dentro dos Grupos	2733,086	71	38,494		
	Total	2824,986	73			
Perda (B-C)	Entre grupos	15,229	2	7,615	1,125	,330
	Dentro dos Grupos	480,609	71	6,769		
	Total	495,838	73			
Retenção (C-A)	Entre grupos	68,201	2	34,101	,877	,420
	Dentro dos Grupos	2759,434	71	38,865		
	Total	2827,635	73			

Fonte: Dados da pesquisa.

$\mu = 7,417$; $\sigma = 1,954$ e $\Delta 3$: $\mu = 6,500$; $\sigma = 2,246$), em outras palavras, os alunos aprenderam significativamente mais a partir de infográficos de baixa complexidade.

Em suma, as médias de perda de conhecimento ($\Delta 2$) para as três complexidades não são estatisticamente diferentes, sendo aceita a hipótese nula (H_0 : Não existe diferença entre a perda de conhecimento ($\Delta 2$) por meio de infográficos com baixa, média ou alta complexidade.) para essa medida. No entanto, considerando as medidas aprendizado imediato ($\Delta 1$) e retenção de conhecimento ($\Delta 3$), a hipótese nula é refutada fazendo com que a hipótese alternativa seja aceita (H_1 : Existe diferença entre o aprendizado imediato e a retenção de conhecimento ($\Delta 1$ e $\Delta 3$) por meio de infográficos com baixa, média e alta complexidade).

Em resposta à **QP2** - *O aprendizado por meio de infográficos é afetado de acordo com a complexidade da visualização apresentada?* Podemos afirmar que houve influência da complexidade do infográfico apenas quando essa complexidade foi dada como baixa. Os alunos obtiveram maior aprendizado imediato e retenção de conhecimento a partir dos cinco infográficos de complexidade baixa, do que a partir dos infográficos de complexidade média e alta. A partir

desses resultados é possível supor que o framework para classificação da complexidade dos infográficos (Seção 3.1.2) foi correto quanto à classificação da complexidade baixa, mas necessita ser calibrado quanto à classificação das complexidades média e alta. Outra interpretação possível está ligada a capacidade do formato infográfico de resumir e simplificar informações complexas. Assim, podemos supor que a partir de um determinado nível de complexidade, a natureza explicativa do infográfico permite que o aprendizado do aluno seja estável, mesmo que essa complexidade aumente. Por fim, a complexidade do infográfico não prejudicou nem beneficiou a perda de conhecimento.

Tabela 25 – Teste ANOVA para as medidas de aprendizagem considerando a complexidade dos infográficos

		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Acertos na Fase A	Entre grupos	70,194	2	35,097	12,649	,000**
	Dentro dos Grupos	191,458	69	2,775		
	Total	261,653	71			
Acertos na Fase B	Entre grupos	78,250	2	39,125	9,163	,000**
	Dentro dos Grupos	294,625	69	4,270		
	Total	372,875	71			
Acertos na Fase C	Entre grupos	58,583	2	29,292	5,803	,005**
	Dentro dos Grupos	348,292	69	5,048		
	Total	406,875	71			
Aprendizado Imediato (B-A)	Entre grupos	216,861	2	108,431	17,573	,000**
	Dentro dos Grupos	425,750	69	6,170		
	Total	642,611	71			
Perda (B-C)	Entre grupos	3,583	2	1,792	,880	,419
	Dentro dos Grupos	140,417	69	2,035		
	Total	144,000	71			
Retenção (C-A)	Entre grupos	166,778	2	83,389	13,926	,000**
	Dentro dos Grupos	413,167	69	5,988		
	Total	579,944	71			

Fonte: Dados da pesquisa.

Além de observar a alteração no formato do material de aprendizagem, a **QP3** tem o objetivo de investigar a interferência da Teoria de Estilos de Aprendizagem que considera que alunos visuais têm preferência por materiais ilustrados e alunos verbais preferem materiais puramente textuais. O teste ANOVA para essa questão de pesquisa foi executado utilizando o recurso *Split File* do software SPSS, que separou as amostras entre alunos visuais e alunos

Tabela 26 – Teste de Múltiplas Comparações para as medidas de aprendizagem considerando a complexidade dos infográficos

	(I) Complexidade do Info-gráfico	(J) Complexidade do Info-gráfico	Diferença Média (I-J)	Erro padrão	Sig.
Acertos na Fase A	Baixa	Média	-2,208*	,481	,000**
		Alta	-,250	,481	,862
	Média	Baixa	2,208*	,481	,000**
		Alta	1,958*	,481	,000**
	Alta	Baixa	,250	,481	,862
		Média	-1,958*	,481	,000**
Acertos na Fase B	Baixa	Média	2,000*	,597	,004**
		Alta	2,375*	,597	,000**
	Média	Baixa	-2,000*	,597	,004**
		Alta	,375	,597	,805
	Alta	Baixa	-2,375*	,597	,000**
		Média	-,375	,597	,805
Acertos na Fase C	Baixa	Média	1,458	,649	,070
		Alta	2,167*	,649	,004**
	Média	Baixa	-1,458	,649	,070
		Alta	,708	,649	,522
	Alta	Baixa	-2,167*	,649	,004**
		Média	-,708	,649	,522
Aprendizado Imediato (B-A)	Baixa	Média	4,20833*	,71707	,000**
		Alta	2,62500*	,71707	,001**
	Média	Baixa	-4,20833*	,71707	,000**
		Alta	-1,58333	,71707	,077
	Alta	Baixa	-2,62500*	,71707	,001**
		Média	1,58333	,71707	,077
Perda (B-C)	Baixa	Média	,54167	,41181	,392
		Alta	,20833	,41181	,869
	Média	Baixa	-,54167	,41181	,392
		Alta	-,33333	,41181	,698
	Alta	Baixa	-,20833	,41181	,869
		Média	,33333	,41181	,698
Retenção (C-A)	Baixa	Média	3,66667*	,70639	,000**
		Alta	2,41667*	,70639	,003**
	Média	Baixa	-3,66667*	,70639	,000**
		Alta	-1,25000	,70639	,187
	Alta	Baixa	-2,41667*	,70639	,003**
		Média	1,25000	,70639	,187

Fonte: Dados da pesquisa.

verbais. Assim, os grupos infográficos, gráficos+texto e texto puro foram comparados apenas entre alunos com o mesmo estilo de aprendizagem. As Tabelas 27 e 28 mostram o resultado no teste ANOVA para os alunos visuais e verbais, respectivamente. Não foram identificadas

diferenças estatísticas significativas entre as médias das medidas de aprendizado dos três grupos, seja a amostra de alunos visuais (Fase B: $F(2, 43) = ,861$; $p = ,430$; Fase C: $F(2, 43) = ,697$; $p = ,504$; $\Delta 1$: $F(2, 43) = 1,413$; $p = ,225$; $\Delta 2$: $F(2, 43) = ,524$; $p = ,596$; $\Delta 3$: $F(2, 43) = 1,027$; $p = ,367$) ou verbais (Fase B: $F(2, 25) = ,825$; $p = ,450$; Fase C: $F(2, 25) = 1,359$; $p = ,275$; $\Delta 1$: $F(2, 25) = ,076$; $p = ,927$; $\Delta 2$: $F(2, 25) = ,670$; $p = ,520$; $\Delta 3$: $F(2, 25) = ,148$; $p = ,863$). Desse modo, foi **aceita a hipótese nula** levantada para a QP3: Não existe diferença entre o aprendizado de alunos visuais ou verbais por meio de infográficos, gráficos+texto ou texto puro.

Assim, a resposta à **QP3** - *O aprendizado pode ser beneficiado quando um aluno utiliza um formato de material de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto, texto puro) correspondente ao seu estilo de aprendizagem (visual, verbal)?* é: Não. Em concordância com o que dizem (KIRSCHNER, 2016; HOWARD, 2006; SANDERSON, 2011), não foram encontradas evidências de que os estilos de aprendizagem visual ou verbal têm impacto na aprendizagem. Mesmo quando o formato do material de aprendizagem é correspondente ao estilo, não é possível afirmar que alunos identificados como visuais aprendem mais (ou melhor, considerando a retenção) apenas por utilizarem um material com mais informações visuais como o infográfico.

A **QP4** procura saber se o design visualmente apelativo dos infográficos faz com que os alunos declarem estar mais satisfeitos com a atividade. Assim, o teste ANOVA foi executado comparando as médias de satisfação entre os três grupos (infográficos, gráficos+texto e texto puro), o resultado é exibido na Tabela 29. O valor de Sig. indica que as diferenças entre as médias de satisfação dos grupos não foram estatisticamente significativas ($F(2, 71) = 2,404$; $p = ,098$). Assim, é **aceita a hipótese nula** que afirma não existir diferença entre a satisfação dos alunos utilizando infográfico, gráfico+texto ou texto puro.

Em resposta à **QP4** - *O formato do material de aprendizagem utilizado (infográfico, gráfico+texto, texto puro) afeta a percepção de satisfação do aluno com a atividade?* Não. Os três grupos de alunos declararam prazer semelhante durante a atividade, logo, não é possível afirmar que os alunos que utilizaram infográficos ficaram mais satisfeitos com o design da visualização.

Ainda observando a autodeclaração de satisfação, a **QP4.1** - *A percepção de satisfação do aluno afeta o aprendizado?* indaga se existe relação entre a declaração de satisfação e o aprendizado. Para responder à essa questão de pesquisa o teste de hipótese foi executado em busca de correlações significativas entre as médias de satisfação declaradas pelo aluno e as medidas de aprendizado. Essas correlações foram discutidas na Subseção 4.4.1.2. No grupo de alunos que utilizou texto a variável média de satisfação apresentou correlações positivas e significativas com a variável número de acertos na Fase C ($r = ,399$; $p = ,039$). Considerando os estilos de aprendizagem no mesmo grupo, os alunos visuais apresentaram correlação da variável satisfação e número de acertos na Fase C ($r = ,660$; $p = ,004$) e na Fase B ($r = ,516$; $p = ,034$). Enquanto que, no grupo de alunos verbais que utilizou infográficos a variável satisfação apresentou correlações significativas com o número de acertos na Fase C ($r = ,839$; $p = ,037$) e retenção de

Tabela 27 – Teste ANOVA para as medidas de aprendizagem entre os grupos de alunos visuais

		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Acertos na Fase A	Entre grupos	8,379	2	4,189	,356	,703
	Dentro dos Grupos	506,491	43	11,779		
	Total	514,870	45			
Acertos na Fase B	Entre grupos	59,678	2	29,839	,861	,430
	Dentro dos Grupos	1490,431	43	34,661		
	Total	1550,109	45			
Acertos na Fase C	Entre grupos	41,608	2	20,804	,697	,504
	Dentro dos Grupos	1283,718	43	29,854		
	Total	1325,326	45			
Aprendizado Imediato (B-A)	Entre grupos	107,812	2	53,906	1,413	,255
	Dentro dos Grupos	1640,992	43	38,163		
	Total	1748,804	45			
Perda (B-C)	Entre grupos	7,353	2	3,677	,524	,596
	Dentro dos Grupos	301,603	43	7,014		
	Total	308,957	45			
Retenção (C-A)	Entre grupos	75,560	2	37,780	1,027	,367
	Dentro dos Grupos	1581,854	43	36,787		
	Total	1657,413	45			

Fonte: Dados da pesquisa.

conhecimento ($r = ,835$; $p = ,039$).

Para os grupos mencionados (texto, texto-visuais, infográficos-verbais), quanto maior o valor da satisfação declarado pelo aluno na Fase B mais questões foram acertadas no questionário de conhecimento aplicado na Fase C. De fato, diversos autores discutem a interferência do prazer durante a aprendizagem, na retenção de conhecimento e memória (FEBRILIA; WAROKKA, 2011; CLORE; HUNTSINGER, 2007; REIS *et al.*, 2015). Apesar das correlações significativas se apresentarem apenas para alguns grupos (texto, texto-visuais, infográficos-verbais), a **hipótese alternativa pode ser aceita** (i.e. existe diferença entre o aprendizado de alunos que declararam satisfação mais positiva e os que declararam satisfação mais negativa).

Em resposta à **QP4.1 - A percepção de satisfação do aluno afeta o aprendizado?** Sim. É possível afirmar que, para alguns grupos (texto, texto-visuais, infográficos-verbais), alunos que se declararam mais satisfeitos durante a interação com os materiais de aprendizagem tiveram melhores resultados quanto a retenção de conhecimento. Esse resultado está condizente com a

Tabela 28 – Teste ANOVA para as medidas de aprendizagem entre os grupos de alunos verbais

		Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Acertos na Fase A	Entre grupos	45,257	2	22,629	,978	,390
	Dentro dos Grupos	578,600	25	23,144		
	Total	623,857	27			
Acertos na Fase B	Entre grupos	48,279	2	24,139	,825	,450
	Dentro dos Grupos	731,150	25	29,246		
	Total	779,429	27			
Acertos na Fase C	Entre grupos	96,364	2	48,182	1,359	,275
	Dentro dos Grupos	886,350	25	35,454		
	Total	982,714	27			
Aprendizado Imediato (B-A)	Entre grupos	6,507	2	3,254	,076	,927
	Dentro dos Grupos	1069,350	25	42,774		
	Total	1075,857	27			
Perda (B-C)	Entre grupos	9,257	2	4,629	,670	,520
	Dentro dos Grupos	172,600	25	6,904		
	Total	181,857	27			
Retenção (C-A)	Entre grupos	13,679	2	6,839	,148	,863
	Dentro dos Grupos	1153,750	25	46,150		
	Total	1167,429	27			

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 29 – Teste ANOVA para as medidas de satisfação entre os grupos

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre grupos	16,095	2	8,048	2,404	,098
Dentro dos Grupos	237,685	71	3,348		
Total	253,780	73			

Fonte: Dados da pesquisa.

literatura que sugere que estados afetivos positivos, como a satisfação, influenciam positivamente na aprendizagem. As diferenças entre grupos encontradas neste trabalho pode ter ocorrido devido a múltiplos fatores. Por exemplo, o interesse do aluno no assunto abordado, a usabilidade do sistema online para experimentação, o estado afetivo do aluno antes de iniciar o processo de aprendizagem, e assim por diante. Para obter resultados mais significativos faz-se necessário a execução deste experimento em um número maior de participantes e o controle de variáveis que

possam influenciar no estado afetivo do aluno.

A seguir serão respondidas as **questões de pesquisa secundárias** deste estudo, descritas na Subseção 4.1.4:

QP5.1 - *O formato do material de aprendizagem utilizado (infográfico, gráfico+texto e texto puro) afeta o tempo que um aluno passa visualizando o material?*

Dentre os três grupos, os alunos que utilizaram infográficos tiveram, em média, o menor tempo de visualização por material ($\mu = 92,606s$; $\sigma = 45,038s$). E o grupo gráfico+texto foi o que passou mais tempo estudando cada material ($\mu = 112,848s$; $\sigma = 58,240s$). Para comparar as médias de tempo entre os grupos foi utilizado o teste ANOVA mostrado na Tabela 30. A diferença entre as médias não foi estatisticamente significativa ($F(2, 71) = ,998$; $p = ,374$), indicando que, apesar da diferença entre as médias ser clara, ela não pode ser generalizada para a população toda. Assim, formalmente podemos aceitar uma hipótese nula para essa questão afirmando que: não existe diferença entre o tempo de visualização de acordo com o formato do material de aprendizagem.

Tabela 30 – Teste ANOVA para as medidas de tempo entre os grupos

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre grupos	5204,119	2	2602,060	,998	,374
Dentro dos Grupos	185131,579	71	2607,487		
Total	190335,698	73			

Fonte: Dados da pesquisa.

QP5.2 - *O uso do formato de material de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto e texto puro) correspondente ao estilo de aprendizagem do aluno afetou o tempo de estudo?*

Para ambos os estilos de aprendizagem, visual e verbal, o grupo que teve o menor tempo médio para estudar cada material foi o que utilizou infográficos (Vis: $\mu = 91,904s$; $\sigma = 40,655s$ e Ver: $\mu = 94,711s$; $\sigma = 60,860s$). A Tabela 31 mostra as médias e desvio padrão para a variável tempo considerando os estilos de aprendizagem. A capacidade do infográfico de resumir informações pode ser percebida pelo menor tempo que o grupo passou visualizando os materiais. No entanto, o resultado do teste ANOVA para a diferença entre as médias dos alunos visuais ($F(2,43) = 1,575$; $p = ,219$) e verbais ($F(2,25) = ,033$; $p = ,968$) não foi estatisticamente significativo, como pode ser visto nas Tabelas 32 e 33. Isso implica na **aceitação da hipótese nula** que afirma igualdade entre as médias (Não existe diferença entre o tempo de visualização de alunos visuais ou verbais por meio de infográficos, gráficos+texto ou texto puro).

QP5.3 - *Qual dos três formatos de material de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto e texto puro) foi mais eficiente em relação à aprendizagem?*

Tabela 31 – Tempo por material de aprendizagem e por Estilo de Aprendizagem

	Infográfico		Gráfico+Texto		Texto	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Visual	91,904	40,655	125,855	66,212	112,990	53,216
Verbal	94,711	60,860	100,925	49,738	97,606	43,534

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 32 – Teste ANOVA para as medidas de tempo entre os grupos considerando o estilo visual

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre grupos	8591,782	2	4295,891	1,575	,219
Dentro dos Grupos	117249,889	43	2726,742		
Total	125841,670	45			

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 33 – Teste ANOVA para as medidas de tempo entre os grupos considerando o estilo verbal

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre grupos	8591,782	2	4295,891	1,575	,219
Dentro dos Grupos	117249,889	43	2726,742		
Total	125841,670	45			

Fonte: Dados da pesquisa.

Um grupo experimental foi considerado mais eficiente quando acertou mais questões e aprendeu mais em um menor período de tempo. Os coeficientes de eficiência são apresentados na Subseção 4.4.1.1 na Tabela 15. Para todas as medidas de eficiência calculadas, o grupo que utilizou infográficos como material de aprendizagem obteve os maiores coeficientes. Em outras palavras, apesar de não obter as maiores médias de aprendizado, o grupo **infográficos** foi o que precisou de menos tempo para estudar os materiais. Além da eficiência em aprendizado, a eficiência no número de acertos também foi maior, ou seja, os alunos que aprenderam por meio de infográficos utilizaram menos tempo para responder aos questionários de conhecimento e acertaram proporcionalmente mais questões. Essa eficiência confirma o que é argumentado pela literatura sobre o objetivo dos infográficos, que é transmitir conhecimento duradouro de forma simples de ser lida, transformando conhecimento complexo em conhecimento intuitivo.

QP5.4 - *O uso do formato de material de aprendizagem (infográfico, gráfico+texto e texto puro) correspondente ao estilo de aprendizagem afetou a percepção de satisfação do aluno?*

Ao definir Estilos de Aprendizagem como preferências individuais, Felder e Silverman

abrem margem para o impacto que o material de aprendizagem tem na satisfação pessoal do aluno. Assim, na configuração deste trabalho, foi assumida a hipótese de que alunos visuais ficam mais satisfeitos ao utilizar materiais na forma visual, como infográficos. Entre os alunos visuais a maior média de satisfação foi a do grupo gráfico+texto ($\mu = 6,091$; $\sigma = 1,661$), e a menor média foi do grupo de alunos que utilizou texto puro para estudo ($\mu = 4,614$; $\sigma = 1,971$). Ao passo que entre os alunos verbais, as médias são demasiadamente semelhantes entre os grupos (Infográfico: $\mu = 5,976$; $\sigma = 2,852$; gráfico+texto: $\mu = 5,775$; $\sigma = 1,619$ e texto puro: $\mu = 5,101$; $\sigma = 1,899$). As Tabelas 34 e 35 exibem os resultados do teste ANOVA para a similaridade entre as médias e, de fato, as diferenças entre as médias não são estatisticamente significativas (Vis: $F(2,43) = 2,392$; $p = ,104$ e Ver: $F(2,25) = ,452$; $p = ,641$). Assim, a resposta à **QP5.4** é: Não. Apesar de a menor satisfação ser dos alunos que utilizaram texto, não é possível generalizar esse valor para a população.

Tabela 34 – Teste ANOVA para as medidas de satisfação entre os grupos considerando o estilo visual

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre grupos	14,598	2	7,299	2,392	,104
Dentro dos Grupos	131,222	43	3,052		
Total	145,820	45			

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 35 – Teste ANOVA para as medidas de satisfação entre os grupos considerando o estilo verbal

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre grupos	3,686	2	1,843	,452	,641
Dentro dos Grupos	101,942	25	4,078		
Total	105,627	27			

Fonte: Dados da pesquisa.

QP5.5 - *A complexidade do infográfico afetou o tempo que um aluno gastou para estudá-lo?*

O tempo médio de visualização também pode ser utilizado para avaliar a classificação da complexidade dos infográficos de acordo com o framework proposto na Subseção 3.1.2. Os infográficos classificados como de baixa complexidade, apresentaram a menor média de tempo gasto pelos alunos ($\mu = 49,180s$; $\sigma = 26,131s$). Ao mesmo tempo, a média de tempo aumenta acompanhando o aumento da complexidade para média $\mu = 88,099s$; $\sigma = 58,640s$ e alta ($\mu = 140,539s$; $\sigma = 91,051s$).

Para responder à essa questão de pesquisa foi utilizado o teste ANOVA, adotando as complexidades como tratamentos: complexidade baixa, média ou alta. A Tabela 36 mostra o resultado do teste que compara as médias de tempo entre as complexidades, buscando por uma diferença significativa. O resultado confirma uma diferença estatisticamente significativa entre as médias ($F(2,357) = 60,964$; $p = ,000$). O teste de Múltiplas Comparações para identificar quais dentre os três grupos têm médias significativamente diferentes é exibido na Tabela 37. O teste mostra que tanto a média de tempo nos infográficos de baixa complexidade como a média de tempo nos infográficos de média e alta complexidade diferem significativamente entre si ($p = ,000$).

Com esses resultados, é possível confirmar a diferença entre as médias, aceitando a hipótese alternativa de que existe diferença entre o tempo gasto em infográficos de complexidade baixa, média e alta.

Tabela 36 – Teste ANOVA para as medidas de tempo entre as complexidades dos infográficos

	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre grupos	3,686	2	1,843	,452	,641
Dentro dos Grupos	101,942	25	4,078		
Total	105,627	27			

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 37 – Teste de Múltiplas Comparações para as medidas de tempo entre as complexidades dos infográficos

(I) Complexidade do Infográfico	(J) Complexidade do Infográfico	Diferença Média (I-J)	Erro padrão	Sig.
Baixa	Média	-38,919**	8,304	,000
	Alta	-91,360**	8,304	,000
Média	Baixa	38,919**	8,304	,000
	Alta	-52,441**	8,304	,000
Alta	Baixa	91,360**	8,304	,000
	Média	52,441**	8,304	,000

Fonte: Dados da pesquisa.

QP5.6 - *O conhecimento inicial dos alunos afeta o quanto ele é capaz de aprender de acordo com o formato do material de aprendizagem?*

Por fim, é possível avaliar o impacto de cada formato de material de aprendizagem de acordo com o grau de conhecimento inicial do aluno. Em outras palavras, a **QP5.6** questiona se existe diferença entre o aprendizado por meio de infográficos, gráficos+texto e texto puro de alunos mais ou menos experientes. Para responder à essa questão de pesquisa, foi realizado o teste de significância para as correlações entre o número de acertos na Fase A (que representa o

conhecimento inicial do aluno) e as variáveis de aprendizado, discutidos na Seção Correlações entre as Variáveis.

O grupo que utilizou **infográficos** como material de aprendizagem não obteve correlações significativas da variável número de acertos na Fase A com outras variáveis de aprendizagem. Para o grupo que utilizou **gráficos+texto**, a variável número de acertos na Fase A apresentou correlações negativas e significativas com as variáveis aprendizado imediato ($\Delta 1$: $r = -,660$; $p = ,001$) e retenção ($\Delta 3$: $r = -,698$; $p = ,000$). A correlação negativa indica proporção inversa entre as variáveis, isto é, quanto maior o número de acertos na Fase A, menor a medida de aprendizado imediato e retenção. Em outras palavras, quanto menos um aluno sabia inicialmente, mais ele aprendeu utilizando o material gráfico+texto. Enquanto que no grupo texto puro, a variável número de acertos na Fase A apresentou correlação positiva e significativa com a variável número de acertos na Fase C ($r = ,405$; $p = ,036$). Essa correlação é de pouca importância para a avaliação da aprendizagem, visto que é pressuposto que o conhecimento do aluno na Fase C contém o conhecimento inicial do aluno na Fase A.

Assim, para a **QP5.6** é possível negar a hipótese nula e **aceitar a hipótese alternativa** afirmando que existe diferença entre o aprendizado por meio de infográficos, gráficos+texto e texto puro de alunos mais ou menos experientes. Os três grupos apresentaram correlações negativas entre o conhecimento inicial e as medidas de aprendizado, indicando que alunos menos experientes aprendem mais. No entanto, essa correlação só foi significativa para o grupo gráfico+texto.

4.4.2 Ameaças à validade

Segundo Wohlin *et al.* (2012), os resultados de um experimento devem ser válidos para a população de interesse. Para isso, os resultados devem ser possíveis de serem generalizados. A seguir são discutidas as principais ameaças à validade dentro das categorias definidas por Cook, Campbell e Day (1979).

Validade de Conclusão: refere-se a existência de fatores que podem interferir na interpretação dos resultados. Considerando a confiabilidade das medidas de aprendizado, o cálculo dessas medidas, dado pelo aumento no número de acertos de uma fase para outra, pode não oferecer uma medida completa do aprendizado do aluno. De fato, para Mayer (MAYER, 2002b) o aprendizado relevante ocorre quando o estudante é capaz de aplicar o conhecimento adquirido em uma resolução de problema. Neste trabalho, segundo as definições de Mayer (2002b), o aprendizado está sendo avaliado no aspecto memória.

Outros eventos aleatórios na configuração do experimento como barulhos fora da sala, interrupções durante o experimento, preocupações dos alunos com o restante da aula são capazes de interferir nos resultados. No entanto, os condutores ficaram atentos para minimizar eventuais interferências.

Validade Interna: considera fatores que afetam a relação de causa-efeito entre as variáveis independentes e dependentes (descritas na Subseção 4.1.2). Dentre as diversas ameaças à validade interna que podem ocorrer em um experimento controlado, neste trabalho foi identificada a ameaça de **Maturação**: a quantidade de materiais selecionados para aprendizagem durante a Fase B (15 materiais) foi definida com base na análise de especialistas. Apesar disso, não é possível mitigar a possibilidade de os sujeitos entediados e cansados com o passar do tempo de estudo. Para tentar identificar essa interferência da disposição do aluno, foi usada a medida SAM de auto-avaliação de satisfação (LANG, 1980). Assim, a satisfação durante o processo de aprendizagem foi considerada uma variável experimental e inserida nas análises. Outros fatores ligados ao indivíduo que podem afetar o aprendizado e que não estão sendo considerados nesse experimento, também podem interferir na relação entre as variáveis.

Validade de Construção: está relacionada ao design do experimento. Em relação à construção do experimento e instrumentos utilizado, foi observada a ameaça de **Viés de um Único Método**: para mensurar as variáveis dependentes do experimento foi utilizado apenas um método de medida para cada variável. Por exemplo, para medir conhecimento foi usado apenas um tipo de questionário de conhecimento, o múltipla escolha. Assim como para classificar os alunos de acordo com o estilo de aprendizagem foi utilizado o N-ILS e para a satisfação foi utilizado o SAM. A utilização de mais de um método para avaliar as variáveis dependentes é capaz de oferecer resultados confirmatórios ou comparativos quanto às medidas. Além disso, os alunos realizaram um teste de conhecimento antes de interagirem com o tratamento (materiais de aprendizagem), criando a probabilidade de memorização das questões. Isso caracteriza uma ameaça de **Interação entre Teste e Tratamento**. Na tentativa de mitigar essa ameaça, as fases do experimento foram espaçadas em uma semana, as questões foram reescritas com vocabulário diferentes, e a ordem de apresentação das questões foi modificada.

Validade Externa: está relacionada à dificuldades em generalizar dos resultados para o contexto real. A população e o contexto em que esse experimento foi aplicado (sessão de aprendizagem suportada por computador) são considerados fiéis à realidade. Desse modo, a generalização dos resultados para o público alvo em situações de aprendizagem semelhantes não é uma ameaça para este trabalho. Porém, podemos considerar a existência da ameaça de **Interação entre o Tratamento e a Configuração do Experimento**: os domínios dos infográficos selecionados abordam temas de conhecimento geral como meio-ambiente, reciclagem e nutrição e diversos tipos de informações (por exemplo: quantitativas, factuais, temporais). A amostra de materiais selecionados pode não ser representativa para todos os temas e tipos de informação que precisam ser expressos por materiais de aprendizagem. Logo, existe uma dificuldade em generalizar os resultados para todos os domínios de ensino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste Capítulo são apresentadas as considerações finais desta dissertação de mestrado. A Seção 5.1 retoma os objetivos e a conclusão dos resultados. A Seção 5.2 resume as contribuições e publicações geradas. Por fim, a Seção 5.3 expõe as limitações e os trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

O suporte computacional dado à educação permitiu que novos formatos para materiais de aprendizagem fossem criados ou adaptados ao suporte digital. Esses formatos são utilizados pelos professores com o objetivo de melhorar o processo de ensino-aprendizagem. O formato infográfico, além de ser adequado ao ensino suportado por computador, possibilita o uso integrado de texto e imagem que é recomendado pela Teoria da Aprendizagem Multimídia (MAYER, 2002a). No entanto, existem poucos trabalhos na literatura com resultados empíricos sobre o uso de infográficos como material de aprendizagem.

Nesse contexto, o objetivo desta dissertação de mestrado foi investigar o uso de infográficos como material de aprendizagem e seus benefícios para o aprendizado em comparação com o uso de materiais tradicionais. A fim de contribuir com esse objetivo, este trabalho descreveu o planejamento e a execução de experimentos controlados em que alunos de graduação foram avaliados quanto à aprendizagem imediata, retenção e perda de conhecimento, satisfação, estilos de aprendizagem e tempo. E comparados quanto ao material de aprendizagem utilizado (infográfico, gráfico+texto ou texto puro) em uma sessão de aprendizagem individual suportada por computador. A partir da análise dos dados obtidos no experimento foi possível responder à questão de pesquisa principal deste trabalho, que questiona se existe diferença entre o aprendizado por meio de infográfico, gráfico+texto ou texto puro.

Os resultados obtidos sugerem que o aprendizado por meio de materiais no formato de infográfico é semelhante ao aprendizado a partir de materiais nos formatos tradicionais

(gráfico+texto e texto puro). Ou seja, os infográficos foram utilizados como materiais de aprendizagem sem prejuízo ao aprendizado do aluno, sendo considerados tão bons quanto os formatos já utilizados. Além disso, foram encontrados indícios de que o aprendizado por infográficos pode ser mais eficiente, visto que este foi o grupo em que os alunos utilizaram menos tempo para estudar os materiais.

A partir da análise de dados, também foi possível identificar a influência dos fatores individuais: satisfação e estilos de aprendizagem. Não foram encontradas evidências de que os estilos de aprendizagem visual ou verbal têm impacto na aprendizagem ou na satisfação dos alunos com o formato do material utilizado. Assim como foi discutido por Kirschner (2016), não foram encontradas evidências empíricas para afirmar que alunos identificados como visuais aprendem, ou apreciam mais o conteúdo apenas por utilizarem um material com mais informações visuais como o infográfico. Em relação a satisfação declarada pelo aluno, não foi possível afirmar que o formato do material de aprendizagem afetou a declaração, pois as médias foram muito semelhantes. No entanto, foram encontradas correlações significativas entre a satisfação e a retenção de conhecimento. Indicando que satisfações positivas resultam em retenção de conhecimento maior. Em suma, os resultados mostraram a satisfação do aluno como o fator mais influente no aprendizado, acima dos estilos de aprendizagem ou do formato do material.

Por fim, ao investigar se os infográficos são efetivos para qualquer quantidade e complexidade de informação foi proposto um framework para classificação da complexidade de visualizações do tipo infográfico. O framework foi utilizado para classificar a complexidade dos infográficos em baixa, média ou alta. Analisando os resultados para a variável aprendizado, verificou-se que, de fato, infográficos classificados como de baixa complexidade proporcionam maior aprendizagem. No entanto, o aprendizado por meio dos infográficos de complexidade alta não foi significativamente menor. É possível atribuir essa queda não significativa à natureza explicativa dos infográficos, capaz de estabilizar o aprendizado do aluno a partir de um determinado nível de complexidade, mesmo que a complexidade aumente. Ainda, é preciso considerar a necessidade de ajustar às métricas utilizadas no framework para a classificação das complexidades média e alta.

A Tabela 38 resume os resultados descritos na Subseção 4.4.1.3 respondendo às questões de pesquisa.

5.2 Contribuições e Publicações

O constante desenvolvimento e uso de ambientes virtuais de aprendizagem como MOOCs e Sistemas Tutores Inteligentes faz com que os professores e desenvolvedores desses ambientes precisem avaliar qual formato de visualização a ser utilizado. Para isso, é importante entender o impacto de cada tipo de material nos diversos aspectos do processo de ensino-aprendizagem.

Tabela 38 – Resumo das respostas às questões de pesquisa

Questão de Pesquisa	Resposta
QP1 - O aprendizado por meio de infográficos é maior do que o aprendizado por meio dos materiais de aprendizagem tradicionais ?	Não, nem menor. O formato infográfico é tão bom quando os formatos já utilizados.
QP2 - O aprendizado por meio de infográficos é afetado pela complexidade da visualização apresentada?	Sim. O aprendizado foi maior para infográficos menos complexos.
QP3 - O aprendizado é beneficiado quando um aluno utiliza um formato de material de aprendizagem correspondente ao seu estilo de aprendizagem?	Não. Não foram encontradas evidências de que os estilos de aprendizagem visual ou verbal têm impacto na aprendizagem.
QP4 - O formato do material de aprendizagem utilizado afeta a percepção de satisfação do aluno com a atividade?	Não. A média de satisfação foi semelhante entre os três grupos.
QP4.1 - A percepção de satisfação do aluno afeta o aprendizado?	Sim. Para alguns grupos (texto, texto-visuais, infográficos-verbais), alunos que se declararam mais satisfeitos tiveram melhores resultados quanto a retenção de conhecimento.
QP5.1 - O formato do material de aprendizagem utilizado afeta o tempo que um aluno passou visualizando o material?	Não. A média de tempo foi semelhante entre os três grupos.
QP5.2 - O uso do formato de material de aprendizagem correspondente ao estilo de aprendizagem do aluno afeta o tempo de estudo?	Não. A média de tempo foi semelhante entre os dois grupos (visual e verbal) utilizando o mesmo material de aprendizagem.
QP5.3 - Qual dos três formatos de material de aprendizagem é mais eficiente em relação à aprendizagem?	Infográfico. Alunos utilizando infográficos gastaram menos tempo para responder aos questionários e acertaram mais questões
QP5.4 - O uso do formato de material de aprendizagem correspondente ao estilo de aprendizagem afeta a percepção de satisfação do aluno?	Não. A média de satisfação foi semelhante entre os dois grupos (visual e verbal) utilizando o mesmo material de aprendizagem.
QP5.5 - A complexidade do infográfico afeta o tempo que um aluno gastou para estudá-lo?	Sim. O tempo gasto de estudo é coerente com a classificação de complexidade.
QP5.6 - O conhecimento inicial dos alunos afeta o quanto ele é capaz de aprender de acordo com o formato do material de aprendizagem?	Sim. Os três grupos apresentaram correlações negativas entre o conhecimento inicial e as medidas de aprendizado, indicando que alunos menos experientes aprendem mais. No entanto, essa correlação só foi significativa para o grupo gráfico+texto.

Como contribuição à comunidade científica, este trabalho de mestrado deixa assertivas sobre o impacto e uso adequado do formato de material de aprendizagem conhecido como infográfico. Foram produzidas evidências baseadas em dados de que infográficos podem ser tão bons quanto os materiais tradicionais. Além disso, foi feita a disponibilização dos instrumentos desenvolvidos e utilizados, dos dados coletados, e das análises realizadas com o objetivo de atenuar a carência de resultados empíricos sobre o uso de infográficos no aprendizado e incentivar a comunidade a divulgar seus resultados de forma pública e

aberta. Os materiais e resultados podem ser encontrados no LapPackage do experimento em <<http://kamilalyra.github.io/Experimento-Infograficos/index.html>>

Uma outra contribuição deste trabalho foi a proposição de um framework para analisar e classificar a complexidade dos infográficos. Até o presente momento não se tem conhecimento na literatura de nenhum outro framework para classificação da complexidade dos infográficos, como o proposto nesta dissertação de mestrado. Além de classificar, as dimensões avaliadas pelo framework podem servir como parâmetro para que desenvolvedores de infográficos aumentem ou diminuam a complexidade de seus materiais. A classificação de complexidade, juntamente com o fato de o aprendizado não ser significativamente menor para infográficos de complexidade alta, devem ser considerados na tomada de decisão sobre quando é viável ou não gerar uma visualização para transmitir um conteúdo.

Espera-se que as contribuições aqui apresentadas possam ser aplicadas tanto de modo informal, por professores e alunos no dia a dia do aprendizado, como de modo formal, por desenvolvedores de materiais e de ambientes virtuais de aprendizagem, com o objetivo de tornar o processo de aprendizagem mais efetivo.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram produzidos e publicados diversos artigos científicos. Dois deles estão diretamente relacionados com esta dissertação.

1. O primeiro foi gerado a partir dos dados observados pelo experimento piloto:

Lyra, K. T. ; Isotani, S.; Reis, R. C. D. ; Marques, L. B. ; Pedro, L. Z. ; Jaques, P. A. ; Bittencout, I. I. Infographics or Graphics+Text: Which Material is Best for Robust Learning?. In: 2016 IEEE 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), p. 366-370. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1109/ICALT.2016.83>>

2. O segundo trabalho descreve os resultados da primeira execução do experimento:

Lyra, K. T. ; Oliveira, B. ; Reis, R. C. D. ; Cruz, W. M. ; Nakagawa, E. Y. ; Isotani, S. Infográficos versus materiais de aprendizagem tradicionais: uma investigação empírica. RENTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 14, p. 1-12, 2016.

Além disso, outros trabalhos foram desenvolvidos e publicados em colaboração com o grupo de pesquisa focando no impacto dos estados afetivos na aprendizagem em grupo. São eles:

3. Reis, R. C. D.; Rodriguez, C. L.; Lyra, K. T.; Jaques, P. A.; Bittencout, I. I.; Isotani, S. Estado da Arte sobre Afetividade na Formação de Grupos em Ambientes Colaborativos de Aprendizagem. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 23, p. 113, 2015. DOI: <<http://dx.doi.org/10.5753/rbie.2015.23.03.113>>
4. Reis, R. C. D.; Rodriguez, C. L.; Lyra, K. T.; Jaques, P. A.; Bittencout, I. I.; Isotani, S. Affective States in CSCL Environments: A Systematic Mapping of the Literature. In: 2015

IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 2015, Hualien. p. 335-339. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1109/icalt.2015.95>>

5. Reis, R. C. D.; Rodriguez, C. L.; Lyra, K. T.; Isotani, S. Investigando o Impacto da Característica de Impulsividade na Aprendizagem Colaborativa com Suporte Computacional. In: XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2016, Uberlândia. p. 1235-1244. DOI: <<http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2016.1235>>
6. Reis, R. C. D.; Rodriguez, C. L.; Lyra, K. T.; Isotani, S. Stamato, E.; Gotardo, R. Experiência de Uso de Jogos Educacionais Digitais Individuais em Contextos de Colaboração. In: XXII Workshop de Informática na Escola, 2016, Uberlândia. p. 485-494. DOI: <<http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wie.2016.485>>

5.3 Limitações e Trabalhos Futuros

Neste trabalho os alunos foram avaliados quanto a seu aprendizado por meio de testes de múltipla escolha, em que a resposta correta define se o aluno detém determinada informação ou não. No entanto, para alguns autores das teorias cognitivas de aprendizagem, o teste de múltipla escolha sozinho não avalia se houve aprendizado significativo (*Meaningful Learning*) (MERRIENBOER; SWELLER, 2005; MAYER, 2002b). Para Mayer (2002b), o aprendizado deve ser avaliado por duas medidas, retenção e transferência. Retenção representa a habilidade do aluno de lembrar da informação do jeito que ela lhe foi apresentada. Enquanto que transferência é a habilidade de utilizar essa informação para resolver novos problemas e formular novos conhecimentos. Nesta dissertação, os testes de conhecimento aplicados, avaliam apenas um aspecto da aprendizagem, a retenção. Contudo, quando o objetivo desejado pelo professor é atingir o aprendizado significativo, lembrar a informação é apenas o primeiro passo até que o aluno seja capaz de aplicar o conhecimento.

Determinar com exatidão quando e como infográficos são benéficos para o aprendizado também exige entender para quais tipos (e.g. teórico, temporal, factual) e domínios (e.g. matemática, biologia, história) de conhecimento eles são mais adequados. E, além disso, se existe uma técnica de visualização ou construção de infográficos especialmente útil para cada tipo e domínio. Nesse sentido, esse trabalho se limitou a utilizar temas de conhecimento geral e a não avaliar as informações quanto ao tipo de conhecimento e à técnica. A Subseção 4.4.2 discute e classifica outras ameaças à ligadas à atividade de experimentação e as medidas que foram tomadas para suavizar seus impactos.

Assim, sugere-se como trabalho futuro, investigar o uso de infográficos considerando a variação dos domínios de conhecimento abordados pelos materiais. Ao mesmo tempo, é possível considerar uma taxonomia que classifique os tipos de informações, para que seja possível comparar o aprendizado entre eles. Em relação ao aprendizado, também sugere-se variar método de avaliação observando o conceito de aprendizado significativo proposto por Mayer

(2002b). Outro trabalho a ser realizado é o aperfeiçoamento do framework de classificação de complexidade dos infográficos por meio de avaliações incrementais da associação entre carga cognitiva e complexidade. Por fim, são almejadas novas execuções do experimento, a fim de obter um número maior de amostras e estender o poder de generalização das assertivas feitas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. A infografia como fator de influência na compreensão de temas de c&t: estudo de caso a partir do jornal popular hora de santa catarina. 2010. Citado na página 29.

ANDREWS, G.; HALFORD, G. S. A cognitive complexity metric applied to cognitive development. **Cognitive Psychology**, v. 45, n. 2, p. 153–219, 2002. ISSN 00100285. Citado na página 52.

ANDREWS, G.; HALFORD, G. S.; BUNCH, K. M.; BOWDEN, D.; JONES, T. Theory of mind and relational complexity. **Child development**, v. 74, n. 5, p. 1476–1499, 2003. ISSN 0009-3920. Citado na página 52.

ARNOLD, M. B. Emotion and personality. Columbia University Press, 1960. Citado na página 36.

ARROYO, I.; COOPER, D. G.; BURLESON, W.; WOOLF, B. P.; MULDER, K.; CHRISTOPHERSON, R. Emotion sensors go to school. In: **AIED**. [S.l.: s.n.], 2009. v. 200, p. 17–24. Citado na página 36.

BADDELEY, A. Working memory and conscious awareness. **Theories of memory**, p. 11–20, 1992. Citado na página 25.

BAKER, R.; ISOTANI, S.; CARVALHO, A. Mineração de dados educacionais: Oportunidades para o brasil. **Brazilian Journal of Computers in Education**, v. 19, n. 02, p. 03, 2011. Citado na página 17.

BAKER, R.; WALONOSKI, J.; HEFFERNAN, N.; ROLL, I.; CORBETT, A.; KOEDINGER, K. Why students engage in "gaming the system" behavior in interactive learning environments. **Journal of Interactive Learning Research**, p. 185–224, 2008. Citado na página 16.

BARBOSA, E. F.; MALDONADO, J. C. Towards the establishment of a standard process for developing educational modules. In: IEEE. **frontiers in education conference, 36th annual**. [S.l.], 2006. p. 5–10. Citado na página 17.

BASILI, V. R.; ROMBACH, H. D. The tame project: Towards improvement-oriented software environments. **IEEE Transactions on software engineering**, IEEE, v. 14, n. 6, p. 758–773, 1988. Citado na página 68.

BAUER, M. I.; LAIRD, P. J. How diagrams can improve reasoning. **Psychological Science**, v. 4, n. 6, p. 372–378, 1993. Citado na página 17.

BELLO, T. C. D. Comparison of eleven major learning styles models: Variables, appropriate populations, validity of instrumentation, and the research behind them. **Reading, Writing, and Learning Disabilities**, Taylor & Francis, v. 6, n. 3, p. 203–222, 1990. Citado na página 37.

BERCHT, M. **Em Direção a Agentes Pedagógicos com Dimensões Afetivas**. Porto Alegre: [s.n.], 2001. Tese de Doutorado - Instituto de Informática. Citado nas páginas 16 e 35.

- BERTIN, J. *Semiology of graphics: diagrams, networks, maps*. University of Wisconsin press, 1983. Citado na página 48.
- BIER, E. A.; CARD, S. K.; BODNAR, J. W. Entity-based collaboration tools for intelligence analysis. In: IEEE. **Visual Analytics Science and Technology, 2008. VAST'08. IEEE Symposium on**. [S.l.], 2008. p. 99–106. Citado na página 22.
- BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S.; COSTA, E.; MIZOGUCHI, R. Research directions on semantic web and education. **Interdisciplinary Studies in Computer Science**, Citeseer, v. 19, n. 1, p. 60–67, 2008. Citado na página 17.
- BOULAY, B. du. Towards a motivationally intelligent pedagogy: How should an intelligent tutor respond to the unmotivated or the demotivated? In: **New Perspectives on Affect and Learning Technologies**. [S.l.]: Springer, 2011. p. 41–52. Citado na página 34.
- BRADLEY, M.; LANG, P. J. Measuring Emotion: The Self-Assessment Semantic Differential Manikin and the. **Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry**, v. 25, n. 1, p. 49–59, 1994. ISSN 00057916. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0005791694900639>>. Citado na página 59.
- BRANSFORD, J. D.; BROWN, A.; COCKING, R. How people learn: Mind, brain, experience, and school. **Washington, DC: National Research Council**, 1999. Citado na página 22.
- BROADBENT, D. E. *The magic number seven after fifteen years*. London: Wiley, 1975. Citado na página 52.
- BRYAN, T.; MATHUR, S.; SULLIVAN, K. The impact of positive mood on learning. **Learning Disability Quarterly**, SAGE Publications, v. 19, n. 3, p. 153–162, 1996. Citado nas páginas 36 e 58.
- BURKHARD, R. Learning from architects: the difference between knowledge visualization and information visualization. **Information Visualisation, 2004. IV 2004. ...**, 2004. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/_all.jsp?arnumber=1320>. Citado na página 23.
- CAIRO, A. **Infografía 2.0: visualización interactiva de información en prensa**. [S.l.: s.n.], 2008. Citado na página 29.
- CAIXETA, R. A arte de informar. **Jornal ABI–Associação Brasileira de Imprensa**, 2005. Citado na página 28.
- CALVO, R. a.; D'MELLO, S. Affect detection: An interdisciplinary review of models, methods, and their applications. **IEEE Transactions on Affective Computing**, v. 1, n. 1, p. 18–37, 2010. ISSN 19493045. Citado na página 58.
- CAMPBELL, L.; CAMPBELL, B.; DICKINSON, D.; LOPES, M. F. **Ensino e aprendizagem por meio das inteligências múltiplas: inteligências múltiplas na sala de aula**. [S.l.]: Artmed, 2000. (Biblioteca Artmed : ciência cognitiva). ISBN 9788573075120. Citado na página 38.
- CARD, S. K.; MACKINLAY, J. D.; SHNEIDERMAN, B. **Readings in information visualization: using vision to think**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1999. Citado na página 21.
- CARR, D. Guidelines for designing information visualization applications. In: **ECUE'99: 01/12/1999-03/12/1999**. [S.l.: s.n.], 1999. Citado na página 21.

- CAVELLUCCI, L. C. B.; VALENTE, J. A. Preferências de aprendizagem: Enriquecendo o aprender na escola. **Depto. Multimeios e Nied, Unicamp & Ced, Puc-SP**, 2004. Citado na página 38.
- CHANDLER, P.; SWELLER, J. Cognitive load theory and the format of instruction. **Cognition and instruction**, Taylor & Francis, v. 8, n. 4, p. 293–332, 1991. Citado na página 25.
- CHANLIN, L.-J. Animation to teach students of different knowledge levels. **Journal of Instructional Psychology**, 1998. Citado na página 17.
- CHEN, C. Top 10 unsolved information visualization problems. **IEEE computer graphics and applications**, IEEE, v. 25, n. 4, p. 12–16, 2005. Citado na página 21.
- ÇİFÇİ, T. Effects of Infographics on Students Achievement and Attitude towards Geography Lessons. **Journal of Education and Learning**, v. 5, n. 1, p. 154–166, 2016. ISSN 1927-5269. Disponível em: <<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jel/article/view/56252>>. Citado nas páginas 33 e 34.
- CIUCCARELLI, P. **Density Design**. 2008. <<http://www.densitydesign.org/research/drm/>>. Design Department of the Politecnico di Milano. Citado na página 30.
- CLARK, J. M.; PAIVIO, A. Dual coding theory and education. **Educational psychology review**, Springer, v. 3, n. 3, p. 149–210, 1991. Citado na página 25.
- CLARK, R.; NGUYEN, F.; SWELLER, J. **Efficiency in Learning: Evidence-Based Guidelines to Manage Cognitive Load**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011. (Pfeiffer essential resources for training and HR professionals). ISBN 9781118046746. Citado nas páginas 15 e 48.
- CLARK, R. C.; MAYER, R. E. Learning by viewing versus learning by doing: Evidence-based guidelines for principled learning environments. **Performance Improvement**, Wiley Online Library, v. 47, n. 9, p. 5–13, 2008. Citado nas páginas 25 e 29.
- CLARK, R. E. Antagonism between achievement and enjoyment in ati studies. **Educational Psychologist**, Taylor & Francis, v. 17, n. 2, p. 92–101, 1982. Citado na página 41.
- CLEVELAND, W. S. **The elements of graphing data**. [S.l.]: AT&T Bell Laboratories, 1994. Citado na página 15.
- CLORE, G. L.; HUNTSINGER, J. R. How emotions inform judgment and regulate thought. **Trends in cognitive sciences**, Elsevier, v. 11, n. 9, p. 393–399, 2007. Citado nas páginas 36 e 102.
- COFFIELD, F.; MOSELEY, D.; HALL, E.; ECCLESTONE, K. **Should we be using learning styles? What research has to say to practice**. [S.l.]: London: Learning and skills research centre, 2004. Citado nas páginas 16, 38, 41 e 42.
- COLLINS-THOMPSON, K.; CALLAN, J. A Language Modeling Approach to Predicting Reading Difficulty. **Hlt-Naacl**, 2004. Disponível em: <http://acl.ldc.upenn.edu/hlt-naacl2004/main/pdf/111{_}Paper.> Citado na página 51.
- COMELLO, M. L. G.; QIAN, X.; DEAL, A. M.; RIBISL, K. M.; LINNAN, L. A.; TATE, D. F. Impact of game-inspired infographics on user engagement and information processing in an ehealth program. **Journal of Medical Internet Research**, v. 18, n. 9, 2016. ISSN 14388871. Citado nas páginas 32 e 34.

- CONATI, C.; MACLAREN, H. Empirically building and evaluating a probabilistic model of user affect. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, Springer, v. 19, n. 3, p. 267–303, 2009. Citado na página 36.
- COOK, M. P. Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. **Science education**, Wiley Online Library, v. 90, n. 6, p. 1073–1091, 2006. Citado nas páginas 15 e 81.
- COOK, T. D.; CAMPBELL, D. T.; DAY, A. **Quasi-experimentation: Design & analysis issues for field settings**. [S.l.]: Houghton Mifflin Boston, 1979. v. 351. Citado na página 108.
- CORDOVA, D. I.; LEPPER, M. R. Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. **Journal of educational psychology**, American Psychological Association, v. 88, n. 4, p. 715, 1996. Citado na página 36.
- COWAN, N. The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why? **Current directions in psychological science**, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 19, n. 1, p. 51–57, 2010. Citado na página 52.
- COX, R. Representation construction, externalised cognition and individual differences. **Learning and instruction**, Elsevier, v. 9, n. 4, p. 343–363, 1999. Citado na página 22.
- CRAIG, S.; GRAESSER, A.; SULLINS, J.; GHOLSON, B. Affect and learning: an exploratory look into the role of affect in learning with autotutor. **Journal of educational media**, Taylor & Francis, v. 29, n. 3, p. 241–250, 2004. Citado na página 35.
- CRICK, K.; HARTLING, L. Preferences of knowledge users for two formats of summarizing results from systematic reviews: Infographics and critical appraisals. **PLoS ONE**, v. 10, n. 10, p. 1–8, 2015. ISSN 19326203. Citado na página 32.
- CRISTINA, L.; CAVELLUCCI, B. **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CALVIPINAS**. [S.l.: s.n.], 2003. ISBN 1111111111. Citado na página 16.
- CUEVAS, H. M.; FIORE, S. M.; OSER, R. L. Scaffolding cognitive and metacognitive processes in low verbal ability learners: Use of diagrams in computer-based training environments. **Instructional Science**, Springer, v. 30, n. 6, p. 433–464, 2002. Citado na página 22.
- CURRY, L. A critique of the research on learning styles. **Educational leadership**, v. 48, n. 2, p. 50–56, 1990. Citado na página 41.
- DALE, E.; CHALL, J. S. A formula for predicting readability: Instructions. **Educational research bulletin**, JSTOR, p. 37–54, 1948. Citado na página 51.
- DAMÁSIO, A. **O Mistério da Consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si**. [S.l.]: Companhia Das Letras, 2002. Citado na página 35.
- DEV, P. Imaging and Visualization in Medical Education. **IEEE Computer Graphics and Applications**, p. 21–31, 1999. Citado na página 34.
- DIAKOPOULOS, N.; KIVRAN-SWAINE, F.; NAAMAN, M. Playable Data : Characterizing the Design Space of Game-y Infographics. **ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, p. 1717–1726, 2011. Citado nas páginas 17, 31 e 34.

D'MELLO, S. D.; TAYLOR, R. S.; GRAESSER, A. Monitoring Affective Trajectories during Complex Learning. **Methods**, p. 203–208, 2007. Disponível em: <<http://emotion.autotutor.org/files/dmello-seq-cogsci07.pdf>>. Citado na página 16.

DOYLE, W.; RUTHERFORD, B. Classroom research on matching learning and teaching styles. **Theory into practice**, Taylor & Francis, v. 23, n. 1, p. 20–25, 1984. Citado na página 41.

DRUCKMAN, D.; PORTER, L.; DRUCKMAN, D.; BJORK, R. Developing careers. **In the mind's eye: Enhancing human performance**, p. 80–103, 1991. Citado na página 40.

D'MELLO, S.; GRAESSER, A. Dynamics of affective states during complex learning. **Learning and Instruction**, Elsevier Ltd, v. 22, n. 2, p. 145–157, 2012. ISSN 09594752. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959475211000806>>. Citado nas páginas 36 e 58.

EASTIN, M. S. Teen internet use: Relating social perceptions and cognitive models to behavior. **CyberPsychology & Behavior**, Mary Ann Liebert, Inc. 2 Madison Avenue Larchmont, NY 10538 USA, v. 8, n. 1, p. 62–75, 2005. Citado na página 15.

EICK, S. G. Information visualization value stack model. In: **Visual and Spatial Analysis**. [S.l.]: Springer, 2004. p. 31–45. Citado na página 22.

FEBRILIA, I.; WAROKKA, A. The Effects of Positive and Negative Mood on University Students' Learning and Academic Performance : Evidence from Indonesia. **The 3rd International Conference on Humanities and Social Sciences**, p. 1–12, 2011. Citado nas páginas 35 e 102.

FELDER, R. Authors preface–june 2002. **FELDER, RM; SILVERMAN, LK Learning and Learning and Teaching Styles in Engineering Education**, 2002. Citado nas páginas 37 e 38.

FELDER, R. M. Matters of style. **ASEE prism**, USA, v. 6, n. 4, p. 18–23, 1996. Citado na página 38.

FELDER, R. M.; FELDER, G. N.; DIETZ, E. J. The effects of personality type on engineering student performance and attitudes. **Journal of Engineering Education**, Wiley Online Library, v. 91, n. 1, p. 3–17, 2002. Citado na página 16.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. **Engineering education**, v. 78, n. 7, p. 674–681, 1988. Citado nas páginas 37, 38, 39, 56, 85 e 88.

FELDER, R. M.; SPURLIN, J. Applications, reliability and validity of the index of learning styles. **International journal of engineering education**, v. 21, n. 1, p. 103–112, 2005. Citado na página 81.

FLESCHE, R. A new readability yardstick. **Journal of applied psychology**, American Psychological Association, v. 32, n. 3, p. 221, 1948. Citado na página 51.

FLORES, I. A. A afetividade e a aprendizagem. **Monografia (Especialização Currículo e Metodologia das Séries Iniciais e Pré-Escola)-Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí**, 1998. Citado na página 16.

FRANÇA, S.; MARCHAND, C.; CRAPLET, C.; BASDEVANT, A.; D'IVERNOIS, J. Application of “concept mapping” in obese subjects: a pilot study in normo and underreporters. **Diabetes & Metabolism**, v. 29, n. 1, p. 72 – 78, 2003. ISSN 1262-3636. Citado na página 30.

- FREDRICKSON, B. L.; BRANIGAN, C. Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires. **Cognition & emotion**, Taylor & Francis, v. 19, n. 3, p. 313–332, 2005. Citado na página 36.
- FREITAS, C. M. D. S.; CHUBACHI, O. M.; LUZZARDI, P. R. G.; CAVA, R. A. Introdução à visualização de informações. **Revista de informática teórica e aplicada. Porto Alegre. Vol. 8, n. 2 (out. 2001), p. 143-158**, 2001. Citado na página 22.
- FRIJDA, N. H. The nature of emotion: Fundamental questions. In: _____. [S.l.]: New York: Oxford University Press., 1994. v. 1, n. 3, cap. Varieties of affect: emotions and episodes, moods, and sentiments, p. 59–67. Citado na página 35.
- FRY, E. A readability formula that saves time. **Journal of reading**, JSTOR, v. 11, n. 7, p. 513–578, 1968. Citado na página 51.
- GALAFASSI, F. P.; GLUZ, J. C.; GALAFASSI, C. Análise crítica das pesquisas recentes sobre as tecnologias de objetos de aprendizagem e ambientes virtuais de aprendizagem. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 21, n. 3, p. 41–52, 2013. Citado na página 17.
- GERBER, R.; BOULTON-LEWIS, G.; BRUCE, C. Children's understanding of graphic representations of quantitative data. **Learning and Instruction**, Elsevier, v. 5, n. 1, p. 77–100, 1995. Citado na página 71.
- GLASER, W. R.; GLASER, M. O. Context effects in stroop-like word and picture processing. **Journal of Experimental Psychology: General**, American Psychological Association, v. 118, n. 1, p. 13, 1989. Citado na página 23.
- GLENBERG, A. M.; LANGSTON, W. E. Comprehension of illustrated text: Pictures help to build mental models. **Journal of memory and language**, Elsevier, v. 31, n. 2, p. 129–151, 1992. Citado na página 17.
- GOLEMAN, D. **Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ**. [S.l.]: Bloomsbury, 1996. (Bloomsbury Paperbacks). ISBN 9780747528302. Citado nas páginas 16, 35 e 58.
- GOMES, L. F. O. Influência da percepção humana no processo de visualização de dados. **Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade do Porto**, 2012. Citado nas páginas 16 e 18.
- GRAF, S.; LIU, T.-C.; KINSHUK, K. Interactions between students' learning styles, achievement and behaviour in mismatched courses. In: **Proceedings of the international conference on cognition and exploratory learning in digital age (CELDA 2008). IADIS International Conference**. [S.l.: s.n.], 2008. p. 223–230. Citado nas páginas 38 e 55.
- GREEN, O. Positive and negative emotions. In: **The Emotions**. [S.l.]: Springer Netherlands, 1992, (Philosophical Studies Series, v. 53). p. 171–189. ISBN 978-94-010-5126-2. Citado na página 36.
- GUTIÉRREZ, K. D.; ROGOFF, B. Cultural ways of learning: Individual traits or repertoires of practice. **Educational researcher**, Sage Publications, v. 32, n. 5, p. 19–25, 2003. Citado nas páginas 37 e 41.

GYSELINCK, V.; TARDIEU, H. The role of illustrations in text comprehension: what, when, for whom, and why? **Lawrence Erlbaum Associates Publishers**, p. 195–218, 1999. Citado na página 22.

HAIDER, M.; SINHA, A.; CHAUDHARY, B. An investigation of relationship between learning styles and performance of learners. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v. 2, n. 7, p. 2813–2819, 2010. Citado nas páginas 38 e 55.

HALFORD, G. S.; ANDREWS, G.; JENSEN, I. Category induction and hierarchical classification assessed by property inference: The influence of complexity. ERIC, 1998. Citado na página 52.

HALFORD, G. S.; WILSON, W. H.; PHILLIPS, S. Processing capacity defined by relational complexity: implications for comparative, developmental, and cognitive psychology. **The Behavioral and brain sciences**, v. 21, n. 6, p. 803–831; discussion 831–864, 1998. ISSN 0140-525X. Citado na página 52.

HARRISON, L.; REINECKE, K.; CHANG, R. Infographic aesthetics: Designing for the first impression. In: ACM. **Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.], 2015. p. 1187–1190. Citado na página 18.

HEGARTY, M.; CARPENTER, P. A.; JUST, M. A. Diagrams in the comprehension of scientific texts. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1991. Citado na página 71.

HOLLEY, C. D.; DANSEREAU, D. F. The development of spatial learning strategies. **Spatial learning strategies. Techniques, applications, and related issues**, Academic Press New York, p. 3–19, 1984. Citado nas páginas 22 e 23.

HOWARD, M. H. D. K. Advice about the Use of Learning Styles: A Major Myth in Education. **Journal of College Reading and Learning**, v. 37, n. 2, p. 101–110, 2006. Citado nas páginas 16, 37, 40, 42 e 101.

HYMAN, R. Quasi-experimentation: Design and analysis issues for field settings (book). **Journal of Personality Assessment**, Taylor & Francis, v. 46, n. 1, p. 96–97, 1982. Citado na página 67.

ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. **Dados Abertos Conectados: Em busca da Web do Conhecimento**. [S.l.]: Novatec Editora, 2015. Citado na página 65.

ISOTANI, S.; MIZOGUCHI, R.; BITTENCOURT, I. I.; COSTA, E. Estado da arte em web semântica e web 2.0: potencialidades e tendências da nova geração de ambientes de ensino na internet. **Brazilian Journal of Computers in Education**, v. 17, n. 01, p. 30, 2009. Citado na página 17.

IZARD, C.; KAGAN, J.; ZAJONC, R. **Emotions, Cognition, and Behavior**. [S.l.]: Cambridge University Press, 1988. (Social Science Research Council). ISBN 9780521312462. Citado nas páginas 35, 36 e 58.

JOHN-STEINER, V. **Creative Collaboration**. [S.l.]: Oxford University Press, USA, 2000. ISBN 9780198023258. Citado na página 34.

JONASSEN, D. H.; BEISSNER, K.; YACCI, M. **Structural knowledge: Techniques for representing, conveying, and acquiring structural knowledge**. [S.l.]: Psychology Press, 1993. Citado nas páginas 22 e 23.

- JONASSEN, D. H.; REEVES, T. C.; HONG, N.; HARVEY, D.; PETERS, K. Concept mapping as cognitive learning and assessment tools. **Journal of interactive learning research**, Association for the Advancement of Computing in Education, v. 8, n. 3, p. 289, 1997. Citado na página 22.
- JUNIOR, N. V. “ **Planejamento de um ambiente virtual de aprendizagem baseado em interfaces dinâmicas e uma aplicação ao estudo de potência elétrica** ”. Tese (Doutorado) — UNESP, 2012. Citado nas páginas 56, 74, 163 e 165.
- JUNIOR, N. V.; COLVARA, L. Tecnologia motivacional: aplicação de um software educacional para sistemas elétricos de potência. **Novos Paradigmas na Educação em Engenharia. Curitiba: Associação Brasileira de Educação em Engenharia**, v. 1, p. 239–245, 2007. Citado na página 17.
- KAMPWIRTH, T. J.; BATES, M. Modality preference and teaching method: A review of the research. **Intervention in School and Clinic**, Sage Publications, v. 15, n. 5, p. 597–605, 1980. Citado na página 41.
- KINCAID, J. P.; JR, R. P. F.; ROGERS, R. L.; CHISSOM, B. S. **Derivation of new readability formulas (automated readability index, fog count and flesch reading ease formula) for navy enlisted personnel**. [S.l.], 1975. Citado na página 51.
- KING, D. B.; WERTHEIMER, M. **Max Wertheimer and gestalt theory**. [S.l.]: Transaction Publishers, 2005. Citado na página 48.
- KIRSCHNER, P.; MERRIËNBOER, J. J. G. van. Do learners really know best? Urban legends in education. **Educational Psychologist**, v. 48, n. 3, p. 169–183, 2013. ISSN 0046-1520. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00461520.2013.804395>>. Citado nas páginas 40, 41, 42 e 79.
- KIRSCHNER, P. A. Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. **Learning and Instruction**, v. 12, n. 1, p. 1 – 10, 2002. ISSN 0959-4752. Citado na página 15.
- _____. Stop propagating the learning styles myth. **Computers & Education**, Elsevier Ltd, v. 106, p. 166–171, 2016. ISSN 03601315. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131516302482>>. Citado nas páginas 16, 37, 40, 41, 101 e 112.
- KOFFKA, K. **Principles of Gestalt psychology**. [S.l.]: Routledge, 2013. v. 44. Citado na página 23.
- KOLB, D. A. **Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1984. Citado nas páginas 37 e 38.
- KRISTENSEN, C. H.; GOMES, C. F. D. A.; JUSTO, A. R.; VIEIRA, K. Normas brasileiras para o Affective Norms for English Words. **Trends in Psychiatry and Psychotherapy**, v. 33, n. 3, p. 135–146, 2011. ISSN 2237-6089. Citado nas páginas 58 e 86.
- KRUEGER, C. W. Software reuse. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, ACM, v. 24, n. 2, p. 131–183, 1992. Citado na página 60.
- LAMY, J.-B.; DUCLOS, C.; BAR-HEN, A.; OUVARD, P.; VENOT, A. An iconic language for the graphical representation of medical concepts. **BMC medical informatics and decision making**, v. 8, p. 16, jan. 2008. Citado na página 17.

- LANG, P. Self-assessment manikin. **Gainesville, FL: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida**, 1980. Citado nas páginas 58, 74 e 109.
- LANG, P. J. The emotion probe: Studies of motivation and attention. **American psychologist**, American Psychological Association, v. 50, n. 5, p. 372, 1995. Citado na página 36.
- LARKIN, J. H. Display-based problem solving. **Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon**, p. 319–341, 1989. Citado na página 23.
- LARKIN, J. H.; SIMON, H. A. Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. **Cognitive science**, Wiley Online Library, v. 11, n. 1, p. 65–100, 1987. Citado nas páginas 17 e 22.
- LASAITIS, C.; RIBEIRO, R. L.; FREIRE, M. V.; BUENO, O. F. A. Atualização das normas brasileiras para o International Affective Picture System (IAPS). **Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul**, v. 30, n. 3, p. 230–235, 2008. ISSN 0101-8108. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-81082008000400012&lng=pt&nrm>. Citado na página 58.
- LEDOUX, J. E. Emotion, memory and the brain. **Scientific American**, Nature Publishing Group, v. 270, n. 6, p. 50–57, 1994. Citado na página 36.
- LEE, E.-J.; KIM, Y. W. Effects of infographics on news elaboration, acquisition, and evaluation: Prior knowledge and issue involvement as moderators. **New Media & Society**, p. 1461444814567982–, 2015. ISSN 1461-4448. Disponível em: <<http://nms.sagepub.com/content/early/2015/01/12/1461444814567982.abstract>>. Citado nas páginas 33 e 34.
- LETURIA, E. ¿ qué es infografía. **Revista Latina de Comunicación Social**, v. 4, n. 10, 1998. Citado na página 28.
- LINNENBRINK, E. A.; PINTRICH, P. R. The role of motivational beliefs in conceptual change. In: **Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice**. [S.l.]: Springer, 2002. p. 115–135. Citado na página 35.
- LITMAN, D. J.; FORBES-RILEY, K. Recognizing student emotions and attitudes on the basis of utterances in spoken tutoring dialogues with both human and computer tutors. **Speech communication**, Elsevier, v. 48, n. 5, p. 559–590, 2006. Citado na página 36.
- LOPES, W. M. G. ILS - Inventário de Estilos de Aprendizagem de Felder-Saloman: Investigação de sua Validade em Estudantes Universitários de Belo Horizonte. p. 96, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82278/PEPS3508-D.pdf?sequence=1&isAllowe>>. Citado na página 56.
- LOTTRIDGE, D.; CHIGNELL, M.; YASUMURA, M. Identifying emotion through implicit and explicit measures: Cultural differences, cognitive load, and immersion. **Affective Computing, IEEE Transactions on**, IEEE, v. 3, n. 2, p. 199–210, 2012. Citado na página 16.
- LYRA, K. T.; ISOTANI, S.; REIS, R. C.; MARQUES, L. B.; PEDRO, L. Z.; JAQUES, P. A.; BITENCOURT, I. I. Infographics or graphics+ text: Which material is best for robust learning? In: IEEE. **Advanced Learning Technologies (ICALT), 2016 IEEE 16th International Conference on**. [S.l.], 2016. p. 366–370. Citado nas páginas 17, 76 e 77.

- MACHADO, V. Letramento multissemiótico de jovens e adultos por meio da criação de infográficos utilizando o Prezi. *Multimodal literacy of young people and adults through the creation of infographics using Prezi*. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, v. 12, n. 29, p. 360–387, 2015. Citado nas páginas 31 e 34.
- MACHADO, V.; MARGARIDA, L.; TAROUÇO, R. Infográfico : características , autoria e uso educacional. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 8, n. 3, 2010. Citado nas páginas 24 e 38.
- MANUEL, L. **Visual Complexity. Mapping Patterns of Information**. [S.l.]: Princeton: Princeton Architectural Press, 2011. Citado na página 22.
- MARTINS, T. B. F.; GHIRALDELO, C. M.; NUNES, M. G. V.; JÚNIOR, O. N. O. **Readability Formulas Applied to Textbooks in Brazilian Portuguese**. 1996. 1–12 p. Disponível em: <<http://books.google.com/books?id=LJTDHwAACAAJ>>. Citado na página 52.
- MASSA, L. J.; MAYER, R. E. Testing the ATI hypothesis: Should multimedia instruction accommodate verbalizer-visualizer cognitive style? **Learning and Individual Differences**, Elsevier, v. 16, n. 4, p. 321–335, 2006. Citado na página 41.
- MASUD, L.; VALSECCHI, F.; CIUCCARELLI, P.; RICCI, D.; CAVIGLIA, G. From data to knowledge: Visualizations as transformation processes within the data-information-knowledge continuum. **Proceedings of the International Conference on Information Visualisation**, p. 445–449, 2010. ISSN 10939547. Citado na página 21.
- MAYER, R. E. Multimedia learning: Are we asking the right questions? **Educational psychologist**, Taylor & Francis, v. 32, n. 1, p. 1–19, 1997. Citado na página 25.
- _____. Multimedia aids to problem-solving transfer. **International Journal of Educational Research**, Elsevier, v. 31, n. 7, p. 611–623, 1999. Citado na página 25.
- _____. Research-based principles for the design of instructional messages: The case of multimedia explanations. **Document design**, John Benjamins Publishing Company, v. 1, n. 1, p. 7–19, 1999. Citado nas páginas 25 e 28.
- _____. Multimedia learning. **Psychology of learning and motivation**, Elsevier, v. 41, p. 85–139, 2002. Citado nas páginas 16, 24, 25, 26, 34 e 111.
- _____. Rote versus meaningful learning. **Theory into practice**, Taylor & Francis, v. 41, n. 4, p. 226–232, 2002. Citado nas páginas 23, 26, 108, 115 e 116.
- _____. The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. **Learning and instruction**, Elsevier, v. 13, n. 2, p. 125–139, 2003. Citado nas páginas 22, 23, 25 e 26.
- MAYER, R. E.; BOVE, W.; BRYMAN, A.; MARS, R.; TAPANGCO, L. When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons. **Journal of educational psychology**, American Psychological Association, v. 88, n. 1, p. 64, 1996. Citado nas páginas 17 e 22.
- MCCORMICK, B. H.; DEFANTI, T. A.; BROWN, M. D. Visualization in scientific computing. **IEEE Computer Graphics and Applications**, IEEE COMPUTER SOC 10662 LOS VAQUEROS CIRCLE, PO BOX 3014, LOS ALAMITOS, CA 90720-1264, v. 7, n. 10, p. 69–69, 1987. Citado na página 21.

MCLOUD, S. Reinventing comics: How imagination and technology are revolutionizing an art form. **Perennial, New York**, p. 118–122, 2000. Citado na página 27.

MERRIENBOER, J. J. V.; SWELLER, J. Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. **Educational psychology review**, Springer, v. 17, n. 2, p. 147–177, 2005. Citado nas páginas 24, 25 e 115.

MERRIENBOER, J. J. V.; SWELLER, J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. **Medical education**, Wiley Online Library, v. 44, n. 1, p. 85–93, 2010. Citado na página 24.

MIT News. **MIT Research - Brain Processing of Visual Information**. MIT News, 1996. Disponível em: <<http://news.mit.edu/1996/visualprocessing>>. Citado na página 23.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008. Citado na página 75.

MORENO, M.; FUZATTO, A. **Conhecimento e mudança: os modelos organizadores na construção do conhecimento**. [S.l.]: Unicamp, 2000. (Educação em pauta : teorias & tendências). ISBN 9788516023829. Citado na página 38.

MUEHLENHAUS, I. Visualize this: the flowingdata guide to design, visualization, and statistics. **Cartography and Geographic Information Science**, Taylor & Francis, v. 39, n. 3, p. 170–172, 2012. Citado na página 22.

NAPS, T.; COOPER, S.; KOLDEHOFE, B.; LESKA, C.; RÖSSLING, G.; DANN, W.; KORHONEN, A.; MALMI, L.; RANTAKOKKO, J.; ROSS, R. J. *et al.* Evaluating the educational impact of visualization. In: ACM. **ACM SIGCSE Bulletin**. [S.l.], 2003. v. 35, n. 4, p. 124–136. Citado nas páginas 22, 37 e 38.

NOVICK, L. R. Spatial diagrams: Key instruments in the toolbox for thought. **Psychology of Learning and Motivation**, Elsevier, v. 40, p. 279–325, 2000. Citado na página 17.

NUNES, E. P. D. S. Um método para avaliar a aquisição de conhecimento em Ambientes Virtuais de Aprendizagem Tridimensionais Interativos. p. 259, 2014. Citado na página 17.

PAAS, F.; RENKL, A.; SWELLER, J. Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. **Instructional science**, Springer, v. 32, n. 1-2, p. 1–8, 2004. Citado nas páginas 24 e 25.

_____. **Cognitive load theory: a special issue of educational psychologist**. [S.l.]: Routledge, 2016. Citado na página 24.

PEDRO, L.; ISOTANI, S. Explorando o impacto da gamificação na redução do gaming the system em um ambiente virtual de aprendizagem. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2016. v. 5, n. 1, p. 81. Citado na página 60.

PIAGET, J. Piaget's theory. In: _____. **Piaget and His School: A Reader in Developmental Psychology**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1976. p. 11–23. ISBN 978-3-642-46323-5. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-46323-5_2>. Citado na página 34.

- Planeta Sustentável. **A água que você não vê**. 2011. <<http://planetasustentavel.abril.com.br/download/stand2-painel4-agua-virtual.pdf>>. Acessado em 23/02/2017. Citado na página 29.
- PRASHNIG, B. Learning styles vs. multiple intelligences (mi). **Teaching Expertise**, n. 9, p. 8–9, 2005. Citado na página 40.
- QUIROGA, L. M.; CROSBY, M. E.; IDING, M. K. Reducing cognitive load. In: IEEE COMPUTER SOCIETY. **2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences**. [S.l.], 2004. v. 5, p. 50131a–50131a. Citado nas páginas 15 e 16.
- REILLY, R.; KORT, B. The science behind the art of teaching science: Emotional state and learning. In: **Society for Information Technology & Teacher Education International Conference**. [S.l.: s.n.], 2004. v. 2004, n. 1, p. 3021–3026. Citado na página 36.
- REIS, R. C.; RODRIGUEZ, C. L.; LYRA, K.; CHALLCO, G.; JAQUES, P.; BITTENCOURT, I.; ISOTANI, S. Step towards a model to bridge the gap between personality traits and collaborative learning roles. **Journal IxD&A**, n. 28, p. 124–144, 2016. Citado na página 35.
- REIS, R. C. D.; RODRIGUEZ, C. L.; LYRA, K. T.; JAQUES, P. A.; BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S. Affective states in cscl environments: A systematic mapping of the literature. In: IEEE. **Advanced Learning Technologies (ICALT), 2015 IEEE 15th International Conference on**. [S.l.], 2015. p. 335–339. Citado nas páginas 16, 35 e 102.
- RIBAS, B. Infografia multimídia: um modelo narrativo para o webjornalismo. **Anais do II SBPJor (CD-ROM)**. Salvador-BA/Brasil, 2004. Citado nas páginas 27 e 28.
- RIDING, R.; RAYNER, S. **Cognitive Styles and Learning Strategies: Understanding Style Differences in Learning and Behaviour**. London, UK: D. Fulton Publishers, 1998. Citado na página 38.
- RIENER, C.; WILLINGHAM, D. The Myth of Learning Styles. **Change: The Magazine of Higher Learning**, v. 42, n. 5, p. 32–35, 2010. ISSN 0009-1383. Citado na página 40.
- RISCH, J. S. On the role of metaphor in information visualization. **arXiv preprint arXiv:0809.0884**, p. 20, 2008. Citado na página 27.
- ROSEMAN, I. J.; SPINDEL, M. S.; JOSE, P. E. Appraisals of emotion-eliciting events: Testing a theory of discrete emotions. **Journal of personality and social psychology**, American Psychological Association, v. 59, n. 5, p. 899, 1990. Citado na página 36.
- RUSSELL, J. A. Core affect and the psychological construction of emotion. **Psychological review**, American Psychological Association, v. 110, n. 1, p. 145, 2003. Citado na página 16.
- SANDERSON, H. Using Learning Styles in Information Literacy: Critical Considerations for Librarians. **Journal of Academic Librarianship**, Elsevier Inc., v. 37, n. 5, p. 376–385, 2011. ISSN 00991333. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.acalib.2011.06.002>>. Citado nas páginas 16, 40, 79 e 101.
- SANGINETO, E.; CAPUANO, N.; GAETA, M.; MICARELLI, A. Adaptive course generation through learning styles representation. **Univers. Access Inf. Soc.**, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, v. 7, n. 1, p. 1–23, mar. 2008. ISSN 1615-5289. Citado nas páginas 38 e 55.

SANTOS, L. M. A.; TAROUÇO, L. M. O uso dos princípios da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2007. v. 1, n. 1, p. 382–390. Citado nas páginas 24, 26 e 27.

SCHERER, K. R. What are emotions? and how can they be measured? **Social Science Information**, v. 44, n. 4, p. 695–729, 2005. Citado na página 35.

SCHERER, K. R.; SCHORR, A.; JOHNSTONE, T. **Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research**. [S.l.]: Oxford University Press, 2001. Citado na página 36.

SCHERER KLAUS, R. Psychological models of emotion. In: BOROD, J. C. (Ed.). **The Neuropsychology of Emotion**. [S.l.]: Oxford University Press, USA, 2000, (Series in Affective Science). p. 137–162. Citado na página 35.

SCHWARM, S. E.; OSTENDORF, M. Reading Level Assessment Using Support Vector Machines and Statistical Language Models. **Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics**, n. June, p. 523–530, 2005. Citado na página 51.

SEBRECHTS, M. M. Visualizing information in virtual space: Prospects and pitfalls. In: **Knowledge and Information Visualization**. [S.l.]: Springer, 2005. p. 136–166. Citado na página 23.

SHIKLOMANOV, I. A. Global water resources. **Nature and Resources**, v. 26, n. 3, p. 34–43, 1990. Citado na página 30.

SMICIKLAS, M. **The Power of Infographics: Using Pictures to Communicate and Connect with Your Audiences**. [S.l.]: Que Publishing, 2012. (Que Biz-Tech). ISSN 03118002. ISBN 9780789749499. Citado nas páginas 16, 27, 29, 47 e 58.

SMIT B. J; ABCOUWER, A. W. Effective use of Technology in Education. n. May, 2012. Citado na página 26.

SMITH, C. A.; ELLSWORTH, P. C. Patterns of cognitive appraisal in emotion. **Journal of personality and social psychology**, American Psychological Association, v. 48, n. 4, p. 813, 1985. Citado na página 36.

SNIDER, V. E. What we know about learning styles from research in special education. **Educational Leadership**, ERIC, v. 48, n. 2, p. 53, 1990. Citado na página 41.

SOLOMAN, B. A.; FELDER, R. M. Index of learning styles questionnaire. **NC State University**. Available online at: <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html> (last visited on 14.05. 2010), v. 70, 2005. Citado nas páginas 9, 55, 56, 163 e 164.

STAHL, S. A. Different strokes for different folks? a critique of learning styles. **American educator**, ERIC, v. 23, n. 3, p. 27–31, 1999. Citado na página 41.

STEELE, J.; ILIINSKY, N. **Beautiful visualization: looking at data through the eyes of experts**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2010. Citado na página 22.

STENNER, A. J. Measuring reading comprehension with the lexile framework. ERIC, 1996. Citado na página 51.

- SUDAKOV, I.; BELLSKY, T.; USENYUK, S.; POLYAKOVA, V. Mathematics and Climate Infographics: A Mechanism for Interdisciplinary Collaboration in the Classroom. p. 1–8, 2014. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1405.6435>>. Citado na página 31.
- SUN, Y.-C.; CHEN, C.-M. Assessing learning emotion for both the cognitive styles of visualizer and verbalizer distributed to different types of multimedia learning materials. In: **Computer Communication Control and Automation (3CA), 2010 International Symposium on**. [S.l.: s.n.], 2010. v. 2, p. 148–151. Citado na página 17.
- SWELLER, J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. **Cognitive Science**, v. 12, n. 2, p. 257–285, jun 1988. ISSN 03640213. Disponível em: <[http://doi.wiley.com/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](http://doi.wiley.com/10.1016/0364-0213(88)90023-7)>. Citado nas páginas 15, 25, 26 e 47.
- SWELLER, J.; CHANDLER, P. Why some material is difficult to learn. **Cognition and instruction**, Taylor & Francis, v. 12, n. 3, p. 185–233, 1994. Citado na página 23.
- SWELLER, J.; MERRIENBOER, J. J. V.; PAAS, F. G. Cognitive architecture and instructional design. **Educational psychology review**, Springer, v. 10, n. 3, p. 251–296, 1998. Citado na página 24.
- TERGAN, S.-O. Managing knowledge with computer-based mapping tools. In: **Proceedings of the ed-media 2003 world conference on educational multimedia, hypermedia & telecommunication**. [S.l.: s.n.], 2003. p. 2514–2517. Citado nas páginas 22 e 23.
- TOTH, C. Revisiting a Genre: Teaching Infographics in Business and Professional Communication Courses. **Business Communication Quarterly**, v. 76, n. 4, p. 446–457, nov 2013. ISSN 1080-5699. Disponível em: <<http://bcq.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/1080569913506253>>. Citado nas páginas 17 e 30.
- VAIL, P. **Emotion: The On/off Switch for Learning**. [S.l.]: Modern Learning Press, 1994. Citado na página 34.
- VEENMAN, M. V.; PRINS, F. J.; VERHEIJ, J. Learning styles: Self-reports versus thinking-aloud measures. **British Journal of Educational Psychology**, Wiley Online Library, v. 73, n. 3, p. 357–372, 2003. Citado na página 41.
- VERAS, E.; CASTRO, D. **O Infográfico como ferramenta para a visualização da Informação The Infographic as a tool for information display**. 2015. 1–10 p. Citado na página 27.
- VISWANATHAN, M.; CHILDERS, T. L. An enquiry into the process of categorization of pictures and words. **Perceptual and motor skills**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 96, n. 1, p. 267–287, 2003. Citado na página 23.
- VUORELA, M.; NUMMENMAA, L. Experienced emotions, emotion regulation and student activity in a web-based learning environment. **European Journal of Psychology of Education**, Springer, v. 19, n. 4, p. 423–436, 2004. Citado na página 36.
- VYGOTSKY, L. The problem of the environment. In: VEER R. V.; VLASINER, J. (Ed.). **The Vygotsky Reader**. [S.l.]: Blackwell, 1994. p. 338–354. Citado na página 34.
- WARE, C. **Information visualization: perception for design**. [S.l.]: Elsevier, 2012. Citado na página 22.

- WILKES, G.; HODSON, J. Using social media aggregation and curation techniques in the classroom to identify discourse trends and support brand operations. **IEEE International Professional Communication 2013 Conference**, Ieee, p. 1–7, jul 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6623896>>. Citado nas páginas 17, 31 e 34.
- WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HÖST, M.; OHLSSON, M. C.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A. **Experimentation in software engineering**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012. Citado nas páginas 67, 68, 69, 71 e 108.
- WOLFE, J. M.; HOROWITZ, T. S. What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it? **Nature reviews neuroscience**, Nature Publishing Group, v. 5, n. 6, p. 495–501, 2004. Citado na página 48.
- YUE, C. L.; BJORK, E. L.; BJORK, R. a. Reducing verbal redundancy in multimedia learning: An undesired desirable difficulty? **Journal of Educational Psychology**, v. 105, n. 2, p. 266–277, 2013. ISSN 1939-2176. Disponível em: <<http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/a0031971>>. Citado na página 25.
- ZAKHAROV, K.; MITROVIC, A.; JOHNSTON, L. Towards emotionally-intelligent pedagogical agents. In: SPRINGER. **International Conference on Intelligent Tutoring Systems**. [S.l.], 2008. p. 19–28. Citado na página 36.
- ZHANG-KENNEDY, L.; CHIASSON, S.; BIDDLE, R. Password advice shouldn't be boring: Visualizing password guessing attacks. **2013 APWG eCrime Researchers Summit**, Ieee, p. 1–11, sep 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6805770>>. Citado nas páginas 15, 17 e 32.
- ZHU, Y.; SUO, X.; OWEN, G. S. Complexity Analysis for Information Visualization Design and Evaluation. p. 576–585, 2007. Citado nas páginas 48, 49 e 51.

QUESTIONÁRIOS DE CONHECIMENTO

Com o objetivo de medir o conhecimento inicial dos sujeitos e calcular os ganhos na aprendizagem ao utilizar os diferentes tipos de materiais foram aplicados três questionário de conhecimento, compostos por 45 questões cada, retiradas dos infográficos selecionados. O pré-teste tem o objetivo de medir o conhecimento inicial dos alunos e foi aplicado na Fase A do experimento. O pós-teste mede o quanto os sujeitos aprenderam imediatamente após a interação com o material e foi aplicado ao final da Fase B. O teste de retenção é aplicado na ultima Fase do experimento, sete ou mais dias após a interação com o material, a fim de verificar o quanto os alunos reteram de conhecimento. Durante a Fase B, a cada material visualizado, os alunos deveriam responde a uma pergunta. Essa pergunta não é contabilizada como aprendizagem, pois é exibida como mecanismo para evitar que os alunos apenas passem pelos materiais, sem se atentar ao conteúdo. A seguir são apresentados os quatro questionários aplicados.

A.1 Pré-teste

1. Qual alimento você acha que consome mais água para ser produzido?
 - a 1 Kg de manteiga
 - b 1 L de cerveja
 - c 1 Kg de carne de frango
 - d Não sei

2. Qual alimento você acha que consome menos água para ser produzido?
 - a 1 Kg de manteiga
 - b 1 L de cerveja
 - c 1 Kg de carne de frango

- d Não sei
- 3. Quanto de água você acha que 1 litro de cerveja gasta para ser produzido?
 - a 10000 litros
 - b 5,5 litros
 - c 499 litros
 - d Não sei
- 4. Qual bebida você acha que contém mais cafeína?
 - a Achocolatado
 - b Café coado
 - c Café expresso
 - d Não sei
- 5. Qual doença você acha que pode ser evitada com a ingestão de uma dose de cafeína por dia?
 - a Diabetes
 - b Alzheimer
 - c Depressão
 - d Não sei
- 6. Quanto de cafeína você acha que 240 ml de café coado possui?
 - a Mais de 100 mg
 - b Entre 70 e 100 mg
 - c Entre 20 e 60 mg
 - d Não sei
- 7. O sol emite energia que chega à Terra. Quanto dessa energia você acha que a superfície da Terra absorve e quanto é refletida?
 - a Absorve 70% e reflete 30%
 - b Absorve 50% e reflete 50%
 - c Absorve 10% e reflete 10%
 - d Não sei
- 8. Qual afirmativa você considera verdadeira em relação ao efeito estufa?

- a É positivo para a atmosfera em qualquer grau de intensidade.
 - b Ocorre apenas nas cidades, onde a atmosfera está mais concentrada com gases do efeito estufa.
 - c É um fenómeno natural, no entanto, a emissão excessiva de gases poluentes causa um aumento desproporcional na temperatura.
 - d Não sei
9. Qual fenómeno você acha que impede que parte do calor absorvido pela terra seja devolvido ao espaço?
- a O aquecimento global.
 - b Uma barreira formada por vapor d'água, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano e outros gases poluentes.
 - c As nuvens de chuva.
 - d Não sei
10. Qual tipo de lâmpada você acha que é mais econômica?
- a Incandescente
 - b Halógena
 - c LED
 - d Não sei
11. Qual tipo de lâmpada você acha que tem a menor vida útil?
- a Incandescente
 - b Halógena
 - c LED
 - d Não sei
12. Qual você acha que é a potência necessária para uma lâmpada LED produzir 1600 lúmens?
- a 15 W
 - b 50 W
 - c 95 W
 - d Não sei
13. Quantos pacotes de papel novo você acha que um eucalipto adulto produz?
- a 1 pacote de 500 folhas

- b 26 pacotes de 500 folhas
 - c 55 pacotes de 500 folhas
 - d Não sei
14. Você acha que a cadeia de produção é mais sustentável para que tipo de papel?
- a Papel novo
 - b Papel reciclado
 - c Papel misto
 - d Não sei
15. Qual(is) bem(ns) você acha que a produção de papel reciclado consome menos, em relação ao papel novo?
- a Apenas árvores.
 - b Energia, árvore e produtos químicos.
 - c Água, energia e árvores.
 - d Não sei
16. Qual produto você acha que tem o menor tempo de vida útil?
- a Carro
 - b Livro
 - c Isqueiro
 - d Não sei
17. Qual produto você acha que tem o maior tempo de vida útil?
- a Carro
 - b Livro
 - c Geladeira
 - d Não sei
18. Quantos anos você acha que podem durar os livros quando manuseados da maneira apropriada?
- a 5 anos
 - b Menos de um ano
 - c 50 anos ou séculos
 - d Não sei

-
19. Qual bebida você acha que tem a maior quantidade de açúcar em 200 ml?
- a Achocolatado Infantil
 - b Refrigerante de laranja
 - c Drink esportivo isotônico
 - d Não sei
20. Você acha que 200 ml de achocolatado infantil possui que porcentagem da dose de açúcar recomendada por dia?
- a 15%
 - b 50%
 - c 118%
 - d Não sei
21. O Brasil ocupa que posição no ranking mundial de consumo de açúcar?
- a 20ª posição
 - b Primeiro lugar, seguido por México e Rússia
 - c Terceiro lugar, atrás de México e Rússia
 - d Não sei
22. Qual estado brasileiro você acha que teve o maior número de mortes por raios registradas entre os anos de 2000 e 2014?
- a Paraná
 - b Pará
 - c São Paulo
 - d Não sei
23. Em que circunstância você acha que morreram a maioria das vítimas de raios no Brasil?
- a Dentro de um veículo
 - b Em atividades rurais
 - c Na praia
 - d Não sei
24. Cerca de quantos raios você acha que caem em todo território nacional por ano?
- a 1 milhão

- b 193 milhões
 - c 50 milhões
 - d Não sei
25. Em agosto de 2010 qual você acha que foi o estado com a maior emissão de carbono (CO)?
- a Pará
 - b Tocantins
 - c São Paulo
 - d Não sei
26. Qual porcentagem do Parque Nacional das Emas (GO) você acha que foi perdida em queimadas?
- a 50%
 - b 98%
 - c 5%
 - d Não sei
27. Quais setores você acha que são afetados pelo aumento do número de queimadas?
- a Urbanismo, Social e Qualidade de vida.
 - b Desenvolvimento tecnológico, Educação, Social e Qualidade de vida.
 - c Saúde, Meio ambiente, Economia e Qualidade de vida.
 - d Não sei
28. Em que ano você acha que o número de celulares se tornou maior que o número de habitantes no Brasil?
- a Em 2001
 - b Em 2005
 - c Em 2012
 - d Não sei
29. Qual porcentagem da população urbana brasileira você acha que possuía celular em 2011?
- a 100%
 - b 80%
 - c 40%

- d Não sei
30. Qual afirmativa melhor descreve o mercado mobile no Brasil?
- a Menos da metade das vendas de celulares no Brasil é de smartphones.
 - b Ocorreu um grande aumento na venda de celulares mas não na venda de tablets.
 - c Ocorreu um grande aumento tanto na venda de celulares como na venda de tablets.
 - d Não sei
31. Qual você acha que é o meio de transporte mais utilizado no Brasil?
- a Bicicleta
 - b Moto
 - c Ônibus
 - d Não sei
32. Qual você acha que é a cidade com a maior extensão de ciclovias no mundo?
- a Rio de Janeiro
 - b Berlim
 - c Portland
 - d Não sei
33. Dentre os ciclistas paulistanos, qual porcentagem você acha que usa bicicletas como meio de transporte e como lazer?
- a 96% usam a bicicleta como meio de transporte, 4% usam como lazer.
 - b 65% usam a bicicleta como meio de transporte, 35% usam como lazer.
 - c 51% usam a bicicleta como meio de transporte, 49% usam como lazer.
 - d Não sei
34. Qual tipo de cirurgia você acha que é a mais cara de ser realizada?
- a Retirada do apêndice
 - b Transplante de coração
 - c Transplante de fígado
 - d Não sei
35. Quais os exames você acha que são os mais baratos de serem realizados?
- a Colesterol e Hemograma

- b Fezes, urina e colesterol
 - c Fezes, urina e HIV
 - d Não sei
36. Quanto você acha que é o valor de uma cirurgia de transplante de coração?
- a R\$70.000
 - b R\$150.000
 - c R\$300.000
 - d Não sei
37. Qual você acha que é o alimento mais desperdiçado ao longo da cadeia de produção?
- a Peixes e frutos do mar
 - b Cereais
 - c Frutas
 - d Não sei
38. Você acha que os alimentos desperdiçados representam que parte de toda a produção mundial?
- a 3/4 dos alimentos
 - b 2/3 dos alimentos
 - c 1/3 dos alimentos
 - d Não sei
39. Quais regiões você acha que mais desperdiçam alimento?
- a América do Norte e Europa
 - b Oriente Médio e América do Norte
 - c Ásia e Oriente Médio
 - d Não sei
40. Considerando as formas de consumo da mandioca (farinha, fécula e raiz in natura) qual você acha que é a forma mais consumida no Brasil?
- a Farinha
 - b Raiz natural
 - c Fécula
 - d Não sei

-
41. Qual você acha que é a região com a maior produção de mandioca do Brasil?
- a Região Norte
 - b Região Nordeste
 - c Região Centro-Oeste
 - d Não sei
42. Quanto da produção de mandioca no Brasil você acha que é consumida na forma de raiz in natura?
- a 2,6%
 - b 99%
 - c 84,4%
 - d Não sei
43. Qual país você acha que conseguiu acabar com os aterros sanitários devido ao uso da reciclagem energética?
- a Japão
 - b Estados Unidos
 - c Alemanha
 - d Não sei
44. Qual a taxa (em porcentagem) dos resíduos sólidos urbanos você acha que é coletado no Brasil por dia?
- a 17%
 - b 83%
 - c 98%
 - d Não sei
45. Qual afirmativa é verdadeira em relação ao processo de reciclagem energética?
- a A energia é gerada pelo vapor produzido na queima de lixo.
 - b A energia é gerada pela sobra da queima de lixo.
 - c A tecnologia não é 100% segura e limpa, pois deixa resíduos.
 - d Não sei

A.2 Intervenção

1. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
 - a Consumo de água na produção de alimentos
 - b Doenças relacionadas à água contaminada
 - c Processamento de alimentos de origem animal
 - d Produção de alimentos hidropônicos.
2. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
 - a Diferenças entre os sabores do café
 - b Como evitar ingerir cafeína
 - c Quantidade de cafeína presente nas bebidas
 - d Quais os melhores tipos de cafeína.
3. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
 - a Emissão de gases poluentes
 - b A emissão de radiação solar
 - c Como ocorre o efeito estufa
 - d Os benefícios do efeito estufa.
4. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
 - a O gasto de energia em uma casa.
 - b A diferença de preço entre a lâmpada LED e os outros tipos de lâmpadas.
 - c O consumo de energia de cada tipo de lâmpada.
 - d O tamanho da lâmpada LED.
5. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
 - a O consumo de papel reciclado e de papel novo no mundo.
 - b Os tipos de papel que existem.
 - c O desmatamento para produção de papel.
 - d O consumo de água, energia e árvores para produzir papel reciclado e papel novo.
6. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
 - a A má qualidade de produtos industrializados.
 - b Linha de montagem industrial.

- c Tempo de vida de produtos.
 - d O avanço da tecnologia.
7. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
- a Quais tipos de exercícios queimam mais açúcar.
 - b Consumo de açúcar
 - c Problemas de saúde ligados ao açúcar.
 - d A posição do Brasil no ranking mundial de consumo diário de açúcar.
8. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
- a Modos de diminuir a incidência de raios no Brasil
 - b Mortes causadas por raios no mundo
 - c Regiões do Brasil com maior ocorrência de raios
 - d Mortes causadas por raios no Brasil.
9. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
- a A duração do período de estiagem
 - b Emissão de gases poluentes pela agricultura
 - c A poluição atmosférica
 - d As consequências das queimadas causadas pelo prolongamento do tempo seco.
10. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
- a O crescimento do mercado mobile no Brasil.
 - b A queda do mercado mobile no Brasil.
 - c A má utilização de produtos eletrônicos no Brasil.
 - d O perfil da população com telefones celulares no Brasil.
11. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
- a Medidas de segurança necessárias para andar de bicicleta.
 - b O ciclismo como meio de melhorar a saúde.
 - c As melhores invenções que surgiram a partir da bicicleta.
 - d A bicicleta usada como meio de transporte.
12. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
- a Os preços dos planos de saúde.

- b A demora no atendimento da saúde pública.
 - c Preços de exames no mercado negro.
 - d O custo de exames e cirurgias.
13. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
- a Desperdício de alimentos no Brasil e no mundo.
 - b Produção excessiva de alimentos.
 - c Desperdício de alimentos no Brasil.
 - d Desperdício de frutas e legumes na cadeia de produção.
14. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
- a Pratos regionais que são feitos a partir da mandioca.
 - b Como preparar alimentos com mandioca.
 - c Raízes que podem substituir a mandioca.
 - d Consumo de mandioca no Brasil.
15. Qual o principal tema abordado pelo infográfico anterior?
- a Novas fontes de geração de energia.
 - b Uso de lixo para produção de energia.
 - c Reciclagem de inorgânicos.
 - d Tecnologias empregadas na separação do lixo.

A.3 Pós-teste

1. Qual item do cotidiano consome mais água em sua produção?
 - a 1 Kg de manteiga
 - b 1 L de cerveja
 - c 1 Kg de carne de frango
 - d Não sei
2. Qual item do cotidiano consome menos água em sua produção?
 - a 1 Kg de manteiga
 - b 1 L de cerveja
 - c 1 Kg de carne de frango
 - d Não sei
3. Quantos litros de água são gastos para produzir 1 litro de cerveja?
 - a 10000 litros
 - b 5,5 litros
 - c 499 litros
 - d Não sei
4. Qual bebida contém maior quantidade de cafeína?
 - a Achocolatado
 - b Café coado
 - c Café expresso
 - d Não sei
5. A ingestão de uma dose diária de cafeína pode ajudar a evitar que doença?
 - a Diabetes
 - b Alzheimer
 - c Depressão
 - d Não sei
6. Quantos mg de cafeína estão contidos em 240 ml de café coado?
 - a Mais de 100 mg
 - b Entre 70 mg e 100 mg

- c Entre 20 mg e 60 mg
 - d Não sei
7. Qual a porcentagem de energia emitida pelo sol que é absorvida pela superfície da Terra e qual porcentagem é refletida de volta ao espaço?
- a Absorve 70% e reflete 30%
 - b Absorve 50% e reflete 50%
 - c Absorve 10% e reflete 10%
 - d Não sei
8. O efeito estufa:
- a É positivo para a atmosfera em qualquer grau de intensidade.
 - b Ocorre apenas nas cidades, onde a atmosfera está mais concentrada com gases do efeito estufa.
 - c É um fenômeno natural, no entanto, a emissão excessiva de gases poluentes causa um aumento desproporcional na temperatura.
 - d Não sei
9. O que impede que parte do calor absorvido pela superfície da terra seja devolvido ao espaço?
- a O aquecimento global.
 - b Uma barreira formada por vapor d'água, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano e outros gases poluentes.
 - c As nuvens de chuva.
 - d Não sei
10. Em relação ao consumo de energia, qual tipo de lâmpada é mais econômica?
- a Incandescente
 - b Halógena
 - c LED
 - d Não sei
11. Qual tipo de lâmpada tem a menor vida útil?
- a Incandescente
 - b Halógena

- c LED
 - d Não sei
12. Qual a potência necessária para uma lâmpada LED produzir 1600 lúmens?
- a 15 W
 - b 50 W
 - c 95 W
 - d Não sei
13. Um eucalipto adulto produz quantos pacotes de papel novo?
- a 1 pacote de 500 folhas
 - b 55 pacotes de 500 folhas
 - c 26 pacotes de 500 folhas
 - d Não sei
14. Qual tipo de papel tem uma cadeia de produção mais sustentável?
- a Papel novo
 - b Papel reciclado
 - c Papel misto
 - d Não sei
15. Qualis bemns a produção de papel reciclado consome menos do que a produção de papel novo?
- a Apenas árvores.
 - b Energia, árvore e produtos químicos.
 - c Água, energia e árvores.
 - d Não sei
16. Qual dos produtos a seguir tem vida útil menor?
- a Carro
 - b Livro
 - c Isqueiro
 - d Não sei
17. Qual dos produtos a seguir tem vida útil maior?

- a Carro
 - b Livro
 - c Geladeira
 - d Não sei
18. Quantos anos podem durar os livros se manuseados apropriadamente?
- a 5 anos
 - b Menos de um ano
 - c 50 anos ou séculos
 - d Não sei
19. Qual bebida contém maior quantidade de açúcar em 200 ml?
- a Achocolatado Infantil
 - b Refrigerante de laranja
 - c Drink esportivo isotônico
 - d Não sei
20. Qual a porcentagem da dose diária de açúcar recomendada está presente em 200 ml de achocolatado infantil?
- a 15,00%
 - b 50,00%
 - c 118,00%
 - d Não sei
21. Qual a posição do Brasil no ranking mundial de consumo diário de açúcar?
- a 20^a posição
 - b Primeiro lugar, seguido por México e Rússia
 - c Terceiro lugar, atrás de México e Rússia
 - d Não sei
22. Qual o estado que registrou maior número de mortes causadas por raios de 2000 a 2014?
- a Paraná
 - b Pará
 - c São Paulo
 - d Não sei

-
23. Em qual circunstância se encontravam a maioria das vítimas mortas por raios no Brasil?
- a Dentro de um veículo
 - b Em atividades rurais
 - c Na praia
 - d Não sei
24. Qual a incidência de raios no Brasil por ano?
- a 1 milhão
 - b 193 milhões
 - c 50 milhões
 - d Não sei
25. Qual o estado com maior emissão de monóxido de carbono CO em agosto de 2010?
- a Pará
 - b Tocantins
 - c São Paulo
 - d Não sei
26. Qual a porcentagem do Parque Nacional das Emas GO perdida pela ocorrência de queimadas?
- a 50,00%
 - b 98%
 - c 5%
 - d Não sei
27. Quais esferas são afetadas pelo aumento do número de queimadas?
- a Urbanismo, Social e Qualidade de vida.
 - b Desenvolvimento tecnológico, Educação, Social e Qualidade de vida.
 - c Saúde, Meio ambiente, Economia e Qualidade de vida.
 - d Não sei
28. Em que ano o número de celulares superou o número de habitantes urbanos no Brasil?
- a Em 2001
 - b Em 2005

- c Em 2012
 - d Não sei
29. Em 2011, qual a porcentagem da população urbana no Brasil que possuía celular?
- a 100%
 - b 80%
 - c 40%
 - d Não sei
30. Em relação ao mercado mobile no Brasil:
- a Menos da metade das vendas de celulares no Brasil é de smartphones.
 - b Ocorreu um grande aumento na venda de celulares mas não na venda de tablets.
 - c Ocorreu um grande aumento tanto na venda de celulares como na venda de tablets.
 - d Não sei
31. Qual o meio de transporte mais utilizado no Brasil?
- a Bicicleta
 - b Moto
 - c Ônibus
 - d Não sei
32. Qual a cidade com a maior extensão de ciclovias no mundo?
- a Rio de Janeiro
 - b Berlim
 - c Portland
 - d Não sei
33. Qual a porcentagem de ciclistas paulistanos que usam a bicicleta como meio de transporte e como lazer?
- a 96% usam a bicicleta como meio de transporte, 4% usam como lazer.
 - b 65% usam a bicicleta como meio de transporte, 35% usam como lazer.
 - c 51% usam a bicicleta como meio de transporte, 49% usam como lazer.
 - d Não sei
34. Qual a cirurgia mais cara?

- a Retirada do apêndice
 - b Transplante de coração
 - c Transplante de fígado
 - d Não sei
35. Quais os exames mais baratos?
- a Colesterol e Hemograma
 - b Fezes, urina e colesterol
 - c Fezes, urina e HIV
 - d Não sei
36. Quanto pode custar um transplante de coração?
- a R\$70.000
 - b R\$300.000
 - c R\$150.000
 - d Não sei
37. Qual o tipo de alimento mais desperdiçado ao longo da cadeia de produção?
- a Peixes e frutos do mar
 - b Cereais
 - c Frutas
 - d Não sei
38. Qual a proporção de alimentos que é desperdiçados de toda a produção mundial?
- a $\frac{3}{4}$ dos alimentos
 - b $\frac{2}{3}$ dos alimentos
 - c $\frac{1}{3}$ dos alimentos
 - d Não sei
39. Quais as regiões campeãs no desperdício de alimentos por pessoa?
- a América do Norte e Europa
 - b Oriente Médio e América do Norte
 - c Ásia e Oriente Médio
 - d Não sei

40. A maior parte da produção da mandioca é consumida em que forma?
- a Farinha
 - b Raiz natural
 - c Fécula
 - d Não sei
41. Qual região é a maior produtora de mandioca do Brasil?
- a Região Norte
 - b Região Nordeste
 - c Região Centro-Oeste
 - d Não sei
42. Qual a porcentagem da produção de mandioca que é consumida na forma de raiz in natura?
- a 2,6%
 - b 99%
 - c 84,4%
 - d Não sei
43. Qual país acabou com os aterros sanitários em função da reciclagem energética?
- a Japão
 - b Estados Unidos
 - c Alemanha
 - d Não sei
44. Qual o percentual de resíduos sólidos urbanos que é coletado por dia no Brasil?
- a 17%
 - b 98%
 - c 83%
 - d Não sei
45. Em relação ao processo de reciclagem energética:
- a A energia é gerada pelo vapor produzido na queima de lixo.
 - b A energia é gerada pela sobra da queima de lixo.
 - c A tecnologia não é 100% segura e limpa pois deixa resíduos.
 - d Não sei

A.4 Teste de Retenção

1. Em relação ao gasto de água na produção de alimentos, qual utiliza mais água?
 - a 1 Kg de manteiga
 - b 1 L de cerveja
 - c 1 Kg de carne de frango
 - d Não sei
2. Em relação ao gasto de água na produção de alimentos, qual utiliza menos água?
 - a 1 Kg de manteiga
 - b 1 L de cerveja
 - c 1 Kg de carne de frango
 - d Não sei
3. Em relação ao gasto de água na produção de alimentos, quanto gasta a produção de 1 litro de cerveja?
 - a 10000 litros
 - b 5,5 litros
 - c 499 litros
 - d Não sei
4. Em relação a cafeína, qual bebida contém maior quantidade?
 - a Achocolatado
 - b Café coado
 - c Café expresso
 - d Não sei
5. Em relação a ingestão de cafeína, qual doença pode ser evitada com uma dose diária?
 - a Diabetes
 - b Alzheimer
 - c Depressão
 - d Não sei
6. Em relação a quantidade de cafeína nas bebidas, quanto possui 240 ml de café coado?
 - a Mais de 100 mg

- b Entre 70 mg e 100 mg
 - c Entre 20 mg e 60 mg
 - d Não sei
7. Em relação ao efeito estufa, uma porcentagem da energia emitida pelo sol é absorvida pela Terra, outra porcentagem é refletida, quais são essas porcentagens?
- a Absorve 70% e reflete 30%
 - b Absorve 50% e reflete 50%
 - c Absorve 10% e reflete 10%
 - d Não sei
8. Em relação ao efeito estufa:
- a É positivo para a atmosfera em qualquer grau de intensidade.
 - b Ocorre apenas nas cidades, onde a atmosfera está mais concentrada com gases do efeito estufa.
 - c É um fenômeno natural, no entanto, a emissão excessiva de gases poluentes causa um aumento desproporcional na temperatura.
 - d Não sei
9. Em relação ao efeito estufa, o que impede que a Terra devolva parte do calor absorvido ao espaço?
- a O aquecimento global.
 - b Uma barreira formada por vapor d'água, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano e outros gases poluentes.
 - c As nuvens de chuva.
 - d Não sei
10. Em relação ao consumo de energia de cada tipo de lâmpada, qual a mais econômica?
- a Incandescente
 - b Halógena
 - c LED
 - d Não sei
11. Qual tipo de lâmpada tem menor durabilidade?
- a Incandescente

- b Halógena
 - c LED
 - d Não sei
12. Uma lâmpada LED produz 1600 lúmens com quanto de potência?
- a 15 W
 - b 50 W
 - c 95 W
 - d Não sei
13. Quantos pacotes de papel novo são produzidos por um eucalipto adulto?
- a 1 pacote de 500 folhas
 - b 55 pacotes de 500 folhas
 - c 26 pacotes de 500 folhas
 - d Não sei
14. Em relação a economia, qual tipo de papel é mais sustentável em sua cadeia de produção?
- a Papel novo
 - b Papel reciclado
 - c Papel misto
 - d Não sei
15. Quais bemns são consumidos em menor quantidade na produção do papel reciclado em comparação à produção de papel novo?
- a Apenas árvores.
 - b Energia, árvore e produtos químicos.
 - c Água, energia e árvores.
 - d Não sei
16. Em relação a durabilidade, qual produto tem a menor vida útil?
- a Carro
 - b Livro
 - c Isqueiro
 - d Não sei

17. Em relação a durabilidade, qual produto tem a maior vida útil?
- a Carro
 - b Livro
 - c Geladeira
 - d Não sei
18. Se manuseados adequadamente, os livros de papel podem durar quantos anos?
- a 5 anos
 - b Menos de um ano
 - c 50 anos ou séculos
 - d Não sei
19. Considerando o volume de 200 ml, qual bebida contém a maior quantidade de açúcar?
- a Achocolatado Infantil
 - b Refrigerante de laranja
 - c Drink esportivo isotônico
 - d Não sei
20. Considerando a dose diária de açúcar recomendada, qual a porcentagem presente em 200 ml de achocolatado infantil?
- a 15,00%
 - b 50,00%
 - c 118,00%
 - d Não sei
21. No ranking mundial de consumo diário de açúcar, qual a posição ocupada pelo Brasil?
- a 20ª posição
 - b Primeiro lugar, seguido por México e Rússia
 - c Terceiro lugar, atrás de México e Rússia
 - d Não sei
22. Em relação a incidência de raios no Brasil, em qual estado foram registradas mais mortes?
- a Paraná
 - b Pará

- c São Paulo
 - d Não sei
23. Em relação a incidência de raios no Brasil, a maioria dos mortos por raios se encontravam em que circunstâncias?
- a Dentro de um veículo
 - b Em atividades rurais
 - c Na praia
 - d Não sei
24. Em relação a incidência de raios, quantos caem no Brasil por ano?
- a 1 milhão
 - b 193 milhões
 - c 50 milhões
 - d Não sei
25. Em relação ao aumento no número de queimadas, a maior emissão de monóxido de carbono CO em agosto de 2010 ocorreu em qual estado?
- a Pará
 - b Tocantins
 - c São Paulo
 - d Não sei
26. Em relação ao aumento no número de queimadas, qual a porcentagem do Parque Nacional das Emas GO que foi queimada?
- a 50,00%
 - b 98%
 - c 5%
 - d Não sei
27. Em relação ao aumento no número de queimadas, quais esferas são afetadas?
- a Urbanismo, Social e Qualidade de vida.
 - b Desenvolvimento tecnológico, Educação, Social e Qualidade de vida.
 - c Saúde, Meio ambiente, Economia e Qualidade de vida.
 - d Não sei

28. Em relação ao mercado mobile no Brasil, o número de celulares se tornou maior que o número de habitantes em que ano?
- a Em 2001
 - b Em 2005
 - c Em 2012
 - d Não sei
29. Qual parcela da população brasileira possuía celular em 2011?
- a 100%
 - b 80%
 - c 40%
 - d Não sei
30. Em relação ao mercado mobile no Brasil, qual alternativa é verdadeira?
- a Menos da metade das vendas de celulares no Brasil é de smartphones.
 - b Ocorreu um grande aumento na venda de celulares mas não na venda de tablets.
 - c Ocorreu um grande aumento tanto na venda de celulares como na venda de tablets.
 - d Não sei
31. Em relação aos meios de transporte no Brasil, qual é o mais utilizado?
- a Bicicleta
 - b Moto
 - c Ônibus
 - d Não sei
32. Em relação as ciclovias no mundo, a maior extensão de ciclovias está em que cidade?
- a Rio de Janeiro
 - b Berlim
 - c Portland
 - d Não sei
33. E relação aos ciclistas da cidade de São Paulo, qual porcentagem usa a bicicleta como meio de transporte e qual porcentagem usa como lazer?
- a 96% usam a bicicleta como meio de transporte, 4% usam como lazer.

- b 65% usam a bicicleta como meio de transporte, 35% usam como lazer.
 - c 51% usam a bicicleta como meio de transporte, 49% usam como lazer.
 - d Não sei
34. Em relação ao preço de cirurgias, qual a cirurgia mais cara?
- a Retirada do apêndice
 - b Transplante de coração
 - c Transplante de fígado
 - d Não sei
35. Em relação ao preço de exames, quais os exames mais baratos?
- a Colesterol e Hemograma
 - b Fezes, urina e colesterol
 - c Fezes, urina e HIV
 - d Não sei
36. Em relação ao preço de cirurgias, qual o valor de uma cirurgia de transplante de coração?
- a R\$70.000
 - b R\$300.000
 - c R\$150.000
 - d Não sei
37. Em relação ao desperdício de alimentos no mundo, qual o alimento que mais se desperdiça ao longo da cadeia de produção?
- a Peixes e frutos do mar
 - b Cereais
 - c Frutas
 - d Não sei
38. Quanto da produção mundial de alimentos é desperdiçada?
- a $\frac{3}{4}$ dos alimentos
 - b $\frac{2}{3}$ dos alimentos
 - c $\frac{1}{3}$ dos alimentos
 - d Não sei

39. Em relação ao desperdício de alimentos no mundo, quais regiões são campeãs em desperdício?
- a América do Norte e Europa
 - b Oriente Médio e América do Norte
 - c Ásia e Oriente Médio
 - d Não sei
40. Qual a forma em que é consumida a maior parte da produção de mandioca nacional?
- a Farinha
 - b Raiz natural
 - c Fécula
 - d Não sei
41. Qual região brasileira tem a maior produção nacional de mandioca?
- a Região Norte
 - b Região Nordeste
 - c Região Centro-Oeste
 - d Não sei
42. Quanto da produção nacional de mandioca é consumido na forma de raiz in natura?
- a 2,6%
 - b 99%
 - c 84,4%
 - d Não sei
43. Em relação a geração de energia por meio do processo de reciclagem energética, qual país acabou com os aterros sanitários?
- a Japão
 - b Estados Unidos
 - c Alemanha
 - d Não sei
44. Em relação a geração de energia por meio do processo de reciclagem energética, qual a taxa percentual de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil por dia?
- a 17%

b 98%

c 83%

d Não sei

45. Em relação a geração de energia por meio do processo de reciclagem energética:

a A energia é gerada pelo vapor produzido na queima de lixo.

b A energia é gerada pela sobra da queima de lixo.

c A tecnologia não é 100% segura e limpa pois deixa resíduos.

d Não sei

NEW INDEX OF LEARNING STYLE - NEW-ILS

Soloman e Felder (2005) desenvolveram um questionário para identificar os perfis de aprendizagem de estudantes, o Index of Learning Style (ILS). O ILS classifica os perfis de aprendizagem de acordo com quatro dimensões, onde cada aluno tende a um pólo em cada uma delas, como pode ser visto na Figura 24.

Figura 24 – Estilos de Aprendizagem identificados por Soloman e Felder (2005)

Fonte: Adaptada de Soloman e Felder (2005).

No Brasil, baseando-se no trabalho de Soloman e Felder (2005), Vieira Junior desenvolveu e validou uma nova versão do instrumento, o New-ILS (JUNIOR, 2012). A partir do pressuposto de que um teste de comportamento é muito sensível a ruídos que são, por sua vez, de difícil mensuração, considerou-se a possibilidade de criar uma versão reduzida do ILS para que sua extensão não fosse cansativa. O New-ILS identifica as mesmas dimensões e pólos que a versão original do questionário, mas utilizando apenas 20 das 44 questões originais (JUNIOR, 2012). Neste trabalho, estamos interessados principalmente na dimensão Entrada, capaz de identificar

um aluno como Visual ou Verbal, uma vez que o fator principal no nosso experimento é a forma de apresentação do conteúdo de aprendizagem, que varia entre a) texto puro, b) gráficos+textos e c) infográficos. A Tabela 39 apresenta a descrição de cada pólo.

Tabela 39 – Descrição dos perfis de aprendizagem

Percepção	
Sensorial	Intuitivo
Gostam de aprender através de fatos, experimentos e observações e a resolver problemas usando procedimentos bem estabelecidos. Preferem cursos que tenham conexão aparente com o mundo real. Sentem-se menos confortáveis com símbolos e teorias. Preferem abstrair informações pelos seus sentidos (vendo, tocando, ouvindo, etc).	Aprendizes Intuitivos tendem a ser mais imaginativos e inovadores. Preferem conceitos, teorias e interpretações e se sentem mais confortáveis em lidar com símbolos e abstrações. Gostam de analisar possibilidades, significados e relações entre as coisas.
Entrada	
Visual	Verbal
Aprendem melhor quando a informação é apresentada visualmente (fotos, diagramas, fluxogramas, filmes, gráficos). Assimilam melhor o que viram.	Aprendem melhor quando a informação é apresentada verbalmente. Preferem explicações escritas ou faladas. Desta forma extraem mais informações em uma discussão.
Processamento	
Ativo	Reflexivo
Tendem a reter e compreender melhor a informação fazendo algo ativo, ou seja, discutindo, aplicando ou explicando para os outros. Preferem trabalhos em grupos, são habilidosos em administração e coordenação de projetos. Aprendem menos quando atuam de forma passiva.	Aprendizes reflexivos preferem processar as informação de forma reflexiva, ou seja, pensando individualmente. Preferem trabalhar em projetos e pesquisas individuais. Aprendem menos quando não são levados a pensar.
Compreensão	
Sequencial	Global
Tendem a aprender de forma linear, por etapas sequenciais, com o conteúdo se tornando progressivamente complexo. São muitas vezes bons analistas e hábeis para resolver problemas.	Aprendem em grandes saltos, holisticamente. São muitas vezes bons sintetizadores de conhecimento. Podem ser hábeis em resolver rapidamente problemas complexos ou unir coisas, mas têm dificuldade de explicar como chegaram às soluções.

Fonte: Adaptada de Soloman e Felder (2005).

Cada dimensão é representada no questionário por quatro questões, sendo que cada alternativa está ligada a um pólo. A seguir o New-ILS como foi aplicado.

A.1 Questionário para estilo de aprendizagem

Questionário para estilo de aprendizagem (JUNIOR, 2012).

Marque uma opção para indicar sua resposta a cada uma das questões. Se as duas alternativas se aplicam a você, escolha aquela que é mais frequente.

1. Quando estou aprendendo algum assunto novo, gosto de:

- ☐ primeiramente, discuti-lo com outras pessoas.
- ☐ primeiramente, refletir sobre ele individualmente.

2. Se eu fosse um professor, eu preferiria ensinar uma disciplina:

- ☐ que trate com fatos e situações reais.
- ☐ que trate com ideias e teorias.

3. Eu prefiro obter novas informações através de:

- ☐ figuras, diagramas, gráficos ou mapas.
- ☐ instruções escritas ou informações verbais.

4. Quando resolvo problemas de matemática, eu:

- ☐ usualmente preciso resolvê-los por etapas para então chegar a solução.
- ☐ usualmente antevejo a solução, mas às vezes me complico para resolver cada uma das etapas.

5. Em um grupo de estudo, trabalhando um material difícil, eu provavelmente:

- ☐ tomo a iniciativa e contribuo com ideias.
- ☐ assumo uma posição observadora e analiso os fatos.

6. Acho mais fácil aprender:

- ☐ a partir de experimentos.
- ☐ a partir de conceitos.

7. Ao ler um livro:

- ☐ eu primeiramente observo as figuras e desenhos.
- ☐ eu primeiramente me atento para o texto escrito.

8. É mais importante para mim que o professor:

- ☐ apresente a matéria em etapas sequenciais.
- ☐ apresente um quadro geral e relacione a matéria com outros assuntos.

9. Nas turmas em que já estudei, eu:

- ☐ fiz amizade com muitos colegas.
- ☐ fui reservado e fiz amizade com alguns colegas.

10. Ao ler textos técnicos ou científicos, eu prefiro:

- ☐ algo que me ensine como fazer alguma coisa.
- ☐ algo que me apresente novas ideias para pensar.

11. Relembro melhor:

- ☐ o que vejo.
- ☐ o que ouço.

12. Eu aprendo:

- ☐ num ritmo constante, etapa por etapa.
- ☐ em saltos. Fico confuso(a) por algum tempo e então, repentinamente, tenho um “estalo”.

13. Eu prefiro estudar:

- ☐ em grupo.
- ☐ sozinho.

14. Prefiro a ideia do:

- ☐ concreto.
- ☐ conceitual.

15. Quando vejo um diagrama ou esquema em uma aula, relembro mais facilmente:

- ☐ a figura.
- ☐ o que o professor disse a respeito dela.

16. Quando estou aprendendo um assunto novo, eu prefiro:

- ☐ concentrar-me exclusivamente no assunto, aprendendo o máximo possível.

- ☐ tentar estabelecer conexões entre o assunto e outros com ele relacionados.

17. Normalmente eu sou considerado(a) :

- ☐ extrovertido(a).
- ☐ reservado(a).

18. Prefiro disciplinas que enfatizam:

- ☐ material concreto (fatos, dados).
- ☐ material abstrato (conceitos, teorias).

19. Quando alguém está me mostrando dados, eu prefiro:

- ☐ Diagramas ou gráficos
- ☐ Texto resumizando os resultados.

20. Quando estou resolvendo um problema eu:

- ☐ primeiramente penso nas etapas do processo para chegar a solução.
- ☐ primeiramente penso nas consequências ou aplicações da solução.