



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE - CAMPUS ARARANGUÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO

Guilherme Jantsch Moreira

**Aplicação de Analítica Visual da Aprendizagem em um Ambiente Virtual
Interativo para o Ensino De Anatomia Humana**

Araranguá
2021

Guilherme Jantsch Moreira

**Aplicação de Analítica Visual da Aprendizagem em um Ambiente Virtual
Interativo para o Ensino De Anatomia Humana**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Robson Rodrigues Lemos, Dr.

Coorientador: Prof. Cristian Cechinel, Dr.

Araranguá

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Moreira, Guilherme Jantsch

Aplicação de Analítica Visual da Aprendizagem em um Ambiente Virtual Interativo para o Ensino De Anatomia Humana / Guilherme Jantsch Moreira ; orientador, Robson Rodrigues Lemos, coorientador, Cristian Cechinel, 2021.

91 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Araranguá, 2021.

Inclui referências.

1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. Análise Visual de Aprendizado. 3. Visualização de Dados. 4. Ambientes Virtuais Interativos. I. Lemos, Robson Rodrigues. II. Cechinel, Cristian. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação. IV. Título.

Guilherme Jantsch Moreira

Aplicação de Analítica Visual da Aprendizagem em um Ambiente Virtual Interativo para o Ensino De Anatomia Humana

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Vinicius Ramos, Dr.
Instituição UFSC

Prof.(a) Josete Mazon, Dr(a).
Instituição UFSC

Prof.(a) Patricia Jantsch Fiuza, Dr(a).
Instituição UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Prof. Juarez Bento Da Silva, Dr
Coordenador do Programa

Prof. Robson Rodrigues Lemos, Dr.
Orientador

Araranguá, 2021.

À minha avó Júlia (in memoriam), que me
apoiou no caminho do conhecimento.
Sua lembrança me faz persistir.

AGRADECIMENTOS

Deixo aqui os meus agradecimentos a todos os envolvidos neste trabalho:

- Aos meus familiares e amigos pelo apoio em todo o caminho até aqui.
- Aos meus colegas de turma pela colaboração.
- Aos meus colegas de profissão pela compreensão e incentivo.
- Aos integrantes da banca examinadora por aceitarem o convite, e por suas contribuições.
- À equipe do Labmidia e LabAnatomiaInterativa pelo apoio.
- Ao meu co-orientador Prof. Cristian Cechinel por suas contribuições.
- Ao meu orientador Prof. Robson Lemos pela dedicação e confiança.
- E em especial à minha noiva Poliana, por me acompanhar incondicionalmente e frente à qualquer dificuldade.

RESUMO

Novas ferramentas de ensino têm surgido a cada dia, na educação elas se apresentam como estratégias inovadoras a fim de influenciar em uma aprendizagem significativa dentro da sala de aula. Os ambientes virtuais interativos são um exemplo de ferramentas muito utilizadas para apoio na aprendizagem. Porém estes ambientes geram inúmeros dados registrados dos alunos durante as atividades, que poderiam ajudar ainda mais os alunos e educadores a obter informações e refletir sobre seu aprendizado e sua prática de ensino respectivamente, e assim traçar metas de estudos para cada aluno em particular. Devido à natureza aberta e menos linear desses ambientes, muitas vezes entender o processo de aprendizagem dos alunos se torna confuso, pois estes dados nem sempre são apresentados de uma forma fácil de compreender, por isso a necessidade de ferramentas para auxiliar na análise de aprendizagem visual destes dados. Neste contexto, o uso da visualização de dados como meio de analisar os dados gerados e o amplo espectro de evolução esperado motivaram o desenvolvimento deste estudo que teve como objetivo investigar a influência da analítica de aprendizagem através da visualização de informações de desempenho em participantes de um jogo sério para ensino de anatomia humana. Para isso inicialmente propôs-se a realização de uma revisão sistemática da literatura de forma a analisar a evolução dos estudos relacionados à utilização de representações visuais de dados, no formato de grafos e redes, em dados gerados no âmbito de ensino/aprendizagem. A partir disso, projetou-se e desenvolveu um sistema de visualização de dados (o LAVis) com dados gerados em um ambiente virtual interativo para o ensino de anatomia humana. Mediante a aplicação de estudos de caso envolvendo usuários especialistas em Anatomia Humana e monitores da área de ciências da saúde, foi possível avaliar a aceitação do sistema LAVis por meio de um questionário modelo TAM (Technology Acceptance Model). A partir da análise dos dados, os resultados mostraram que o sistema LAVis apresentou uma aceitabilidade satisfatória por parte dos usuários, sendo recomendado por professores e monitores da área de ciências da saúde como ferramenta para acompanhamento de desempenho dos usuários durante a utilização do ambiente virtual Interativo EducaAnatomia3D.

Palavras-chave: Análise Visual de Aprendizado. Visualização de Dados. Ambientes Virtuais Interativos.

ABSTRACT

New teaching tools have emerged every day, in education they present themselves as innovative strategies in order to influence meaningful learning within the classroom. Interactive virtual environments are an example of tools widely used to support learning. However, these environments generate numerous student data recorded during activities, which could further help students and educators to gain insights and reflect on their learning and teaching practice respectively, and thus set study goals for each particular student. However, due to the open and less linear nature of these environments, understanding the learning process of students often becomes confusing, as these data are not always presented in an easy-to-understand way, hence the need for tools to assist in the analysis of visual learning of these data. In this context, the use of Data Visualization as a means of analyzing the generated data and the broad spectrum of expected evolution led to the development of this study, which aims to investigate the influence of Learning Analytics through the visualization of performance information on participants of a serious game for human anatomy teaching. Initially it is proposed to carry out a systematic literature review in order to analyze the evolution of studies related to the use of visual representations of data, in the format of graphs and networks, in data generated in the context of teaching/learning. Based on this, a data visualization system (called LAVis) was designed and developed with data generated in an interactive virtual environment for human anatomy education. Through the application of use case studies involving users who are experts in Human Anatomy and teaching assistants in the area of health sciences, it was possible to assess the acceptance of the LAVis system through the written questionnaire TAM (Technology Acceptance Model). From the data analysis, the results showed that the LAVis system presented a satisfactory acceptability by the users, being recommended by teachers and class monitors in the area of health sciences as a tool for monitoring the performance of users while using the Interactive virtual environment EducaAnatomia3D.

Keywords: Visual Learning Analytics. Data Visualization. Interactive Virtual Environments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estratégia de captura de Dados na fase de apresentação do conteúdo.	41
Figura 2 – Estratégia de captura de Dados na fase de fixação do conteúdo. . .	43
Figura 3 – Tabelas originais do EducaAnatomia3D.	45
Figura 4 – Diagrama ER da Base de Dados (Fase de Apresentação do Conteúdo)	46
Figura 5 – Diagrama ER da Base de Dados (Fase de Fixação do Conteúdo) . .	47
Figura 6 – Diagrama ER da Base de Dados (Integração do Banco de Dados) .	49
Figura 7 – Filtros de acesso aos dados	51
Figura 8 – Totais textuais da etapa de apresentação do conteúdo.	52
Figura 9 – Totais textuais da etapa de apresentação.	52
Figura 10 – Exemplo de hierarquia JSON resultante.	54
Figura 11 – Exemplo de um Treemap base, com valores iguais em sua hierarquia.	55
Figura 12 – <i>Treemap</i> renderizado. / Interação via <i>Tooltip</i>	56
Figura 13 – Gráfico de barras / Interatividade com <i>Tooltips</i>	57
Figura 14 – Painel de informações educacionais LAVis.	58
Figura 15 – Gráfico de nível de experiência.	60
Figura 16 – Gráfico de questões sobre Fator ATU.	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios de inclusão e exclusão.	23
Quadro 2 – Questões sobre Fator <i>Perceived Ease of Use</i> (PEU).	62
Quadro 3 – Questões sobre Fator PU.	63
Quadro 4 – Questões sobre Fator ATU.	64
Quadro 5 – Variáveis e seus valores.	69
Quadro 6 – Consistência Interna dos questionários segundo o valor de alfa. . .	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidades, etapa de seleção.	22
Tabela 2 – Relação de trabalhos apreciados.	26
Tabela 3 – Respostas do questionário de satisfação.	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARS	Análise de Redes Sociais
ATU	<i>Attitude Towards Using</i>
AVA	Ambientes Virtuais de Aprendizagem
BD	Banco de Dados
BI	<i>Business Intelligence</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DM	<i>Data Mining</i>
EA3D	EducaAnatomia3D
EAD	Educação a Distância
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
LA	<i>Learning Analytics</i>
LAK	<i>International Conference on Learning Analytics and Knowledge</i>
LAVis	LAnalyticsVis
PEU	<i>Perceived Ease of Use</i>
PPGTIC	Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação
PU	<i>Perceived Usefulness</i>
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SGA	Sistemas de Gerenciamento de Aprendizagem
SQL	<i>Structured Query Language</i>
StArt	<i>State of the Art through Systematic Review</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VD	Visualização de Dados
VLA	<i>Visual Learning Analytics</i>
WebGL	<i>Web Graphics Library</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	JUSTIFICATIVA DE PESQUISA	18
1.4	ADERÊNCIA DO OBJETO DE PESQUISA AO PPGTIC	20
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	21
2.1	PLANEJAMENTO	21
2.1.1	Etapa de Protocolo	21
2.2	ESTRATÉGIAS DE EXECUÇÃO	22
2.2.1	Identificação dos estudos	22
2.2.2	Seleção	23
2.2.3	Extração	23
2.2.4	Sumarização	24
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
2.3.1	Análítica de aprendizagem social	27
2.3.2	Análise de Redes Sociais, Visualização de Dados, e Métodos	28
2.3.3	Abordagem da Análise de Conjunto de Dados	29
2.4	CONCLUSÃO DA RSL	29
3	REFERENCIAL TEÓRICO	31
3.1	AMBIENTES VIRTUAIS INTERATIVOS	31
3.2	ANÁLISE DE APRENDIZADO	32
3.3	ANÁLISE VISUAL	33
3.3.1	Visualização de Dados	34
3.3.2	Análise Visual de Aprendizado	35
3.4	EDUCAANATOMIA3D	36
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	37
4.2	GERAÇÃO DE DADOS	37
4.2.1	Análise De Dados	38
5	MÉTODO DE INTEGRAÇÃO PROPOSTO	39
5.1	ANÁLISE DA PLATAFORMA	39
5.2	CAPTURE DE DADOS	40
5.2.1	Estratégia de Captura de Dados para a etapa de Apresentação do Conteúdo	41

5.2.2	Estratégia de Captura de Dados para a Etapa de Fixação do conteúdo	42
5.3	ARMAZENAMENTO DOS DADOS	44
5.3.1	Estrutura do Banco de Dados	44
5.3.2	Integração do Banco de Dados	48
5.4	PROCESSAMENTO E VISUALIZAÇÃO	50
5.4.1	Filtros Gerais	50
5.4.2	Valores e Informações Textuais	52
5.4.3	Representações Visuais da Informação	53
5.5	CONCLUSÃO	58
6	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	60
6.1	PERFIL DOS USUÁRIOS	60
6.2	ESTUDO DE CASO	61
6.3	RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO	62
6.3.1	Resultados Quantitativos	62
6.3.2	Resultado Qualitativo	66
6.4	AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE	67
6.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS RESULTADOS	70
7	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	71
7.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
7.2	TRABALHOS FUTUROS	72
7.3	AGRADECIMENTO	73
	REFERÊNCIAS	74
	APÊNDICE A – TCLE DOCENTES	81
	APÊNDICE B – TCLE DISCENTES	84
	APÊNDICE C – ROTEIRO DO ESTUDO DE CASO	87
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DO ESTUDO DE CASO	88

1 INTRODUÇÃO

A inserção de novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) está proporcionando cada vez mais uma transformação no sistema educacional (ZAPPAROLLI *et al.*, 2017). Os AVAs surgiram com a finalidade de permitir que tanto educando como educador utilizem recursos computacionais, bem como a internet com o intuito de facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Neste contexto, Borba e Gasparini (2015) descrevem os AVA como ambientes computacionais com a finalidade de integrar diversas mídias e dar suporte à educação online.

Neste meio, surgem os ambientes virtuais interativos que, segundo Oliveira Pereira *et al.* (2019), consistem em ferramentas que atendem essas necessidades de aprendizagem e que fazem parte de novas tendências que proporcionam uma expansão da adoção de recursos tecnológicos que contribuem para o processo de ensino e aprendizagem.

O uso desses ambientes vem aumentando consideravelmente nos últimos anos e geram diariamente uma quantidade enorme de dados sobre alunos, suas interações com o ambiente, professores, disciplinas, etc. Desta forma, esses dados podem possuir informações importantes a serem analisadas para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem (BORBA; GASPARIINI, 2015). Neste sentido, surge a necessidade de compreender esses dados, com um intuito de obter um maior controle de aprendizagem tanto por parte do educando como do educador e isso é possível através da Análise de Aprendizado, mais conhecida pelo seu homônimo em inglês *Learning Analytics (LA)*.

Para Filatro (2019), o LA surge com um propósito de compreender o progresso dos alunos e qualificar sua interação com conteúdo, ferramentas e pessoas, e como uma forma efetiva de avaliar as respostas dos alunos de fornecer *feedback* imediato e prever ajustes visando a apresentação de conteúdos e a proposição de atividades de forma personalizada. Por sua vez, Silva *et al.* (2019) descrevem como algo que está se tornando cada vez mais relevante, já que contribui diretamente na melhora do acompanhamento pedagógico.

Analisar como os alunos exploram o ambiente de aprendizagem permite avaliar a proposta de um curso de maneira formativa, a partir dos resultados de sua implementação. Isso ajuda professores e *designers* educacionais a projetar ou a modificar a abordagem educacional adotada. Além disso, o conhecimento advindo desta análise também pode ser usado pelos usuários finais, ou seja, os estudantes (FILATRO, 2019).

Quanto aos desafios impostos por estes ambientes, Ruipérez-Valiente *et al.* (2019) destacam que ensinar habilidades interpessoais, em geral, através de meios como em ambientes virtuais ou através de jogos, torna muito mais difícil avaliar essas habilidades do que avaliar o conhecimento do conteúdo, procedimentos e habilidades

que foram valorizados pelas escolas no passado, embora tenham recursos capazes de coletar grandes quantidades de dados de atividades muito diferenciados, os tipos mais comuns de análise e os relatórios geralmente se concentram em, por exemplo, falhas e sucessos específicos do conteúdo, porcentagem de acertos, tentativas e progresso.

Além disso, não basta apenas compreender esses dados, é necessário analisá-los e, posteriormente, mostrá-los de forma que seja visualmente fácil compreendê-los, tanto pelo educando como por parte do educador. Neste contexto, existem inúmeras ferramentas de análise e visualização de dados disponíveis. Porém, o que na maioria das vezes se vê são ferramentas separadas do ambiente virtual interativo, ou seja, na maioria dos casos para analisar e mostrar esses dados são utilizadas ferramentas externas (ZAPPAROLLI *et al.*, 2017; WEBBER *et al.*, 2013; CARDOSO *et al.*, 2019). Em algumas situações, são desenvolvidos sistemas específicos para este fim, como descreve Xiaohuan *et al.* (2013) que desenvolvem um sistema de análise e de visualização para analisar e encontrar tendências no processo de aprendizado.

Neste sentido, um problema encontrado em utilizar ferramentas externas para analisar e posteriormente apresentar visualmente esses dados, é que estes dados teriam que ser interpretados e apresentados por pessoal capacitado ou com conhecimento sobre o assunto (de análise), ou seja, não necessariamente o usuário final em questão teria esse conhecimento. Neste sentido, Qu e Qing Chen (2015) destacam que embora agora seja relativamente fácil capturar dados valiosos sobre os alunos e seus comportamentos, instrutores, alunos e administradores escolares normalmente têm dificuldade em processar e interpretar esses dados, pois têm uma compreensão limitada dos processos de extração ou mineração de dados necessária, bem como sobre técnicas de processamento e análise dos mesmos.

Silva *et al.* (2019) defende a importância de desenvolvimento de *softwares* que utilizam o LA integrado aos ambientes virtuais. Para os autores, eles são mais relevantes já que tais sistemas, além de estarem transmitindo o conhecimento ao educando, entregam dados educacionais em formato de informação relevante para auxiliar na melhoria do processo de ensino e aprendizagem do educando pelo educador.

Surge a necessidade de utilizar os dados gerados durante a interação do aluno com o ambiente virtual interativo EducaAnatomia3D (EA3D) (OLIVEIRA PEREIRA *et al.*, 2018) para realizar uma análise visual da aprendizagem destes alunos. Do ponto de vista geral, o EA3D pode ser visto como uma ferramenta de ensino educacional virtual que apresenta os sistemas do corpo humano, porém o ambiente atualmente não possui nenhuma forma de análise visual de aprendizagem, sendo assim, o trabalho propõe, dentro do contexto do EA3D, uma abordagem da integração da visualização utilizando algoritmos de visualização de dados que permitam a representação dos dados no formato em que os dados estão organizados internamente no EA3D, ou seja no formato hierárquico. Com intuito de analisar a eficácia da proposta, a princípio o

protótipo foi aplicado no ambiente de estudo do sistema muscular (OLIVEIRA PEREIRA *et al.*, 2019), podendo, posteriormente ser ampliado para os outros sistemas.

Assim sendo, a proposta deste estudo tem como objetivo, do ponto de vista dos alunos, possibilitar a exploração dos princípios de análise visual em seu desempenho de aprendizado. Já o professor terá a possibilidade de acompanhar o desempenho de seus alunos em particular, por exemplo avaliar onde o aluno está tendo maior dificuldade e assim traçar medidas de auxílio educacional a esse aluno.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

As TIC permitiram a concepção de *softwares* educacionais em diversas áreas do conhecimento. No entanto, ainda cabe a cada professor acompanhar e monitorar interações, resoluções de problemas e todas as tarefas online de forma semi-manual, tornando a análise de dados educacionais algo dispendioso e pouco viável. (WEBBER *et al.*, 2013).

Ogawa *et al.* (2017) relatam ainda, que apesar da maioria dos estudantes crescerem em meio às novas tecnologias e com métodos de ensino digitais, muitos deles utilizam os AVAs apenas para acessar os conteúdos disponibilizados na disciplina e entregar atividades, havendo pouca ou nenhuma interação por parte do estudante, levando a uma falta de interação que conseqüentemente acaba os desmotivando e afetando diretamente o aprendizado e compreensão do conteúdo estudado.

Quanto à análise dos dados obtidos na utilização de ambientes virtuais, Dourado (2018) destaca que a maioria dos estudos na área de análise visual de dados ou *Visual Learning Analytics (VLA)* são do tipo *checkpoint analytics*, ou seja, quantificadores que supostamente revelam se um estudante cumpriu os pré-requisitos para alcançar os objetivos de aprendizagem, tais como: métricas de acessos a materiais e ao ambiente, envio de tarefas, postagens em fóruns, entre outros. Segundo os autores, embora possam ser importantes indícios de engajamento, estes dados não são suficientes para compreender os processos de aprendizagem dos estudantes (DOURADO *et al.*, 2018).

Zapparolli *et al.* (2017) reforçam, que a LA pode ser um poderoso meio para informar alunos, professores e gestores sobre o desempenho do aluno e o progresso do processo de aprendizagem através de várias ferramentas, porém, estas ferramentas são voltadas para relatar o desempenho dos alunos em atividades e contextos específicos, dificultando uma visão global e holística de um determinado ator no ambiente, em um determinado instante. Brasil *et al.* (2018) destacam que os Sistemas de Gerenciamento de Aprendizagem (SGA) possuem ferramentas genéricas, normalmente incluídas em seu funcionamento, sendo que, embora esses sistemas promovam inúmeras funcionalidades, eles ainda carecem de ferramentas para melhor agrupamento, relato, visualização e análise de aprendizagem dos alunos. Professores, por exem-

plo, reclamam da falta de funcionalidades que apoiem a tomada de decisão docente, indicando a qualidade de aprendizagem dos alunos.

Desta forma, Zapparolli *et al.* (2017) descrevem que muitos autores vêm pesquisando e desenvolvendo ferramentas e processos para acompanhar e gerenciar todas as tarefas e atividades de alunos e professores em AVAs, mas essas ferramentas são segmentadas, isto é, fornecem somente visões parciais dos processos que estão ocorrendo e não oferecem aos gestores uma visão holística do que realmente está acontecendo com os alunos e com os professores, como é o caso de gráficos que apresentam de forma visual o desempenho do aluno.

Dourado *et al.* (2018) ressalta a necessidade de mais trabalhos na área de VLA com propostas de visualizações sofisticadas, interativas, embasadas em teorias da aprendizagem e validadas empiricamente, capazes de explicitar os processos de aprendizagem em ambientes virtuais. Neste sentido, Vieira *et al.* (2018) apresentam quatro carências, sendo, (1) existem poucos trabalhos feitos para trazer ferramentas de VLA para as configurações de sala de aula; (2) poucos estudos consideram as informações básicas dos alunos, como dados demográficos ou desempenho anterior; (3) técnicas tradicionais de visualização estatística, como gráficos de barras e gráficos de dispersão, ainda são as mais comumente usadas em contextos de análise de aprendizagem, enquanto técnicas mais avançadas ou novas raramente são usadas; (4) enquanto alguns estudos empregam visualizações sofisticadas e alguns se envolvem profundamente com teorias educacionais, há uma falta de estudos que empregam visualizações sofisticadas e se envolvem profundamente com teorias educacionais.

De um modo geral, percebe-se a necessidade de métodos de visualização eficazes destes dados, que permitam aos usuários maior autonomia nas tomadas de decisões. Existem estudos mostrando o uso de ferramentas eficientes para a análise e visualização de dados como (ZAPPAROLLI *et al.*, 2017; WEBBER *et al.*, 2013; CARDOSO *et al.*, 2019; XIAOHUAN *et al.*, 2013), estes descrevem em seus trabalhos sistemas desenvolvidos com esse propósito, além de muitas outras ferramentas de *Business Intelligence (BI)*, e que na maioria das situações se mostrarem muito eficientes, não foram criadas para a área educacional, ou seja, são focadas para a área empresarial, a exemplo do *Tableau* (OLIVEIRA PEREIRA *et al.*, 2018). Neste contexto Webber *et al.* (2013) destacam que as ferramentas de visualização disponíveis não foram desenvolvidas para uso integrado aos ambientes educacionais, sendo normalmente utilizadas para análise de grandes volumes de dados empresariais.

Desta forma, percebe-se a necessidade de ferramentas “integradas” a estes ambientes, para que o aluno obtenha *feedback* em tempo real de seu desempenho usando o ambiente e, do ponto de vista do professor, acompanhar o desempenho do aluno e, de acordo com isso, efetuar a tomada de decisão. Assim sendo, surge a questão de pesquisa para o presente estudo: “Qual a influência da analítica de

aprendizagem e visualização de informações de desempenho de usuários do ambiente virtual interativo Educanatomia3D?”.

1.2 OBJETIVOS

A seguir são listados o objetivo geral e os específicos que se buscou alcançar com o desenvolvimento da presente pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é investigar a influência da analítica de aprendizagem e visualização de informações de desempenho em participantes de um jogo sério para ensino de anatomia humana.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para chegar ao objetivo geral definido foram estipulados os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre Visualização de Dados para análise no âmbito educacional.
- Adaptar o jogo sério EducaAnatomia3D, possibilitando a captura de dados para posterior análise de dados.
- Projetar e Desenvolver as visualizações de dados adequadas para análise de informações da utilização do jogo sério.
- Integrar as visualizações de dados ao jogo sério para possibilitar o seu uso por parte de usuários/especialistas.
- Avaliar o uso do jogo sério com as visualizações de dados, através do auxílio de possíveis usuários/especialistas.

1.3 JUSTIFICATIVA DE PESQUISA

De acordo com Brasil *et al.* (2018), a adoção em larga escala de AVAs, também conhecidos como SGA em contextos escolares, significa, hoje, que instituições de ensino e educadores podem tirar vantagem de grandes conjuntos de dados extraídos e armazenados através desses sistemas. Sobre isso, Vieira *et al.* (2018) destacam que os avanços na computação criaram inúmeras oportunidades para coletar e analisar dados sobre os alunos e seus contextos.

Para isso, professores e gestores podem utilizar visualizações como ferramenta para melhor compreender o desempenho dos estudantes, fornecer *feedback* apropriado e otimizar o processo educacional. Já os estudantes podem utilizá-las como instrumento para auxiliar na autogestão da aprendizagem. (DOURADO *et al.*, 2018).

A trajetória de aprendizagem percorrida pelo aluno pode conter informações importantes para serem utilizadas tanto pelo AVA quanto pelo professor. Para o professor, a importância da trajetória está relacionada a identificar se a maioria dos alunos está percorrendo os objetos de aprendizagem (os recursos digitais atrelados à aprendizagem). Além disso, a trajetória de aprendizagem pode auxiliar o professor a compreender o comportamento do aluno e a identificar possíveis problemas em suas disciplinas. Já para o AVA, capturar a trajetória de aprendizagem do aluno pode auxiliar em diversas tarefas, tais como na recomendação de materiais, na identificação de dependências entre conceitos de uma matéria na atualização do perfil do usuário, entre outras. (BORBA; GASPARINI, 2015).

O imenso poder computacional de coletar, tratar e transformar dados relativos à aprendizagem humana pode subsidiar, de fato, a tomada de decisão por professores, especialistas, *designers* instrucionais e gestores, propiciando processos de avaliação contínuos e efetivos, capazes de alterar o rumo da prática e da pesquisa em educação (FILATRO, 2019).

Em parte dos trabalhos analisados, (ZAPPAROLLI *et al.*, 2017; WEBBER *et al.*, 2013; CARDOSO *et al.*, 2019) usam ferramentas externas para avaliar os dados coletados e em outros trabalhos pode-se observar que foram criadas ferramentas ou sistemas para fazer a análise e visualização destes dados (XIAOHUAN *et al.*, 2013). Webber *et al.* (2013) destacam que o uso de ferramentas de visualização de dados, de maneira integrada aos *softwares* educacionais poderiam auxiliar o professor a identificar problemas e avaliar o desenvolvimento tanto individual quanto global das suas turmas. Neste aspecto, evidencia-se a necessidade de sistemas que procuram integrar esses sistemas de análise visual de aprendizagem ao ambiente de estudo.

Diante disso, a utilização de estratégias educacionais inovadoras como o uso de ambientes virtuais com recursos como análise visual do aprendido, tem a capacidade de ser um facilitador da aprendizagem. Deste modo, os alunos experimentarão um ambiente realista, com uma grande facilidade de visualização de informações e possibilidade de interação com o objeto de estudos (LEMOS *et al.*, 2019), que outrora impossíveis através de outros materiais de aprendizagem teóricos. Métodos de estudo como este servem de suporte ao estudo prático além de fornecer maior flexibilidade permitindo, assim, que os alunos escolham o lugar, o tempo, o ritmo e o processo de aprendido.

Neste sentido, surge a motivação deste trabalho, que visa apresentar e avaliar um sistema de análise visual de dados integrado ao ambiente virtual interativo

EducaAnatomia3D.

1.4 ADERÊNCIA DO OBJETO DE PESQUISA AO PPGTIC

O Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC) é um programa Interdisciplinar estruturado em três linhas de pesquisa abrangendo as áreas de Tecnologia Educacional, Tecnologia Computacional e Tecnologia, Gestão e Inovação. Por sua vez, o presente trabalho atende a área de concentração do programa, na linha de pesquisa Tecnologia Computacional, porém com viés no campo de pesquisa Tecnologia Educacional. A aderência ao PPGTIC se caracteriza por ser um trabalho exploratório no campo computacional sobre a contribuição para a área educacional com uma forma alternativa de análise visual de aprendizado. Podendo ser utilizada tanto por educadores para acompanhamento de desempenho de seus alunos, como, servindo como uma ferramenta de visualização aos alunos. Também se caracteriza no campo de pesquisa educacional, tendo em vista o estudo de técnicas interativas de visualização de dados em um jogo sério para o ensino da anatomia humana do sistema muscular, contribuindo com o desenvolvimento do ambiente virtual interativo EducaAnatomia3D. A pesquisa também tem caráter interdisciplinar que é uma das premissas do programa, tendo em vista que envolve áreas da saúde como Anatomia Humana e Educação.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A organização do presente trabalho se dá em sete capítulos. A seguir, é apresentado o que aborda cada capítulo: Neste primeiro capítulo foi descrito a abordagem geral do estudo, seguido pela contextualização do problema, os objetivos gerais e específicos, a justificativa para a realização do presente trabalho, a aderência ao programa e a organização da dissertação. O segundo capítulo apresenta uma revisão sistemática da literatura, com a finalidade de pesquisar o estado da arte sobre o uso de visualizações de dados em ambientes virtuais educacionais com características de redes sociais. No terceiro capítulo é abordada a fundamentação teórica, a fim de contextualizar o tema deste trabalho dentre os conceitos que o subsidiam. O quarto capítulo descreve os procedimentos metodológicos empregados no desenvolvimento da pesquisa. No quinto capítulo são apresentadas as etapas do projeto, as tecnologias empregadas no desenvolvimento do *software*/protótipo, bem como o desenvolvimento do sistema de análise visual LAnalyticsVis (LAVis). O sexto capítulo tem como objetivo mostrar o roteiro para a realização dos estudos de casos utilizados, as discussões dos resultados obtidos por meio do estudo de caso e análise de aplicabilidade. Por fim, no capítulo sete, discutem-se as considerações finais apresentadas neste trabalho, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A metodologia utilizada neste estudo consiste em uma pesquisa de natureza aplicada, exploratória e quantitativa, que de acordo com Freire (2013) tem como objetivo promover a primeira aproximação com o tema para conhecer os fatos e fenômenos relacionados. Esta seção descreve a metodologia utilizada para o planejamento, seleção dos trabalhos e conclusão da sua revisão. O presente estudo foi efetuado em formato de Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o auxílio da ferramenta *State of the Art through Systematic Review (StArt)* (UFSCAR, 2021) organizado em três etapas principais: planejamento, estratégias de execução e sumarização, especificados a seguir.

2.1 PLANEJAMENTO

No planejamento foram definidos os seguintes níveis de pesquisa: a questão da pesquisa, as bases de dados utilizadas, os descritores e os critérios utilizados na inclusão e exclusão dos artigos.

2.1.1 Etapa de Protocolo

Na etapa de elaboração do protocolo foram definidos os valores iniciais que caracterizam o estudo, objetivando classificar trabalhos relacionados à utilização da representação visual de dados, cuja estrutura básica permite que sejam percebidos como uma rede social, com a finalidade de analisar o ensino/aprendizado. A partir desta premissa inicial, foi determinada a seguinte questão de pesquisa: Como evoluem os estudos relacionados à utilização de representações visuais de dados, no formato de grafos e redes, para a identificação de padrões sociais em dados gerados no âmbito de ensino/aprendizagem? Com a finalidade de esclarecer sobre o assunto proposto, foi definido o formato da pesquisa, sendo esta efetuada através de busca textual nas bases de dados de periódicos *on-line*, especificamente nas bases IEEE, Scopus e Web of Science. As palavras-chave - termos que compõem as variáveis de busca utilizadas posteriormente - foram definidas também nesta etapa, e, de acordo com a proposta obtiveram-se os termos “Visualização de Dados” (*Data Visualization*), “Redes Sociais” (*Social Networks*), “Educação” (*Education*) e “Aprendizagem” (*Learning*) como principais. Definimos também os critérios para seleção dos estudos (Seção 2.2.2), estes critérios norteiam a escolha dos artigos baseados na leitura de seu *abstract*, sendo este, o primeiro excludente desta revisão. O segundo excludente neste caso é a leitura dos estudos em sí, baseadas nos “campos de extração de dados” (Seção 2.2.3).

2.2 ESTRATÉGIAS DE EXECUÇÃO

As estratégias de execução mostram a etapa de coleta de dados para o estudo.

2.2.1 Identificação dos estudos

A etapa de identificação dos estudos caracteriza-se por definir as variáveis de busca e execução das pesquisas nas bases de dados escolhidas. Conforme os termos chave definidos na etapa de “Protocolo”, foram desenvolvidas as seguintes variáveis para cada base de dados:

- Base de Dados IEEE:
("data visualization") AND ("social network*") AND (learning OR education)
- Base de Dados Scopus:
TITLE-ABS-KEY (("data visualization") AND ("social network*") AND (learning OR education)) AND DOCTYPE (ar)
- Base de Dados Web of Science:
(TS = (("data visualization") AND ("social network*") AND (learning OR education))) AND TIPOS DE DOCUMENTO: (Article)

Na busca de resultados similares com relação à semântica das variáveis, estas foram adaptadas para cada uma das bases, o objetivo principal foi obter resultados que co-relacionem o termo “Visualização de Dados” e “Redes Sociais” com os termos “Aprendizado” ou “Educação”, limitando o acesso a somente artigos completos e que contivessem os termos no seu título e/ou resumo e/ou palavras-chave. Esta busca resultou em 51 artigos, através das três bases de dados, conforme Tabela 1, o valor exibido de artigos duplicados exibe a quantidade de cada base em relação às outras no somatório total.

Tabela 1 – Quantidades, etapa de seleção.

	Quantidade	Duplicados	%
IEEE	9	1	18%
Scopus	34	8	66%
Web of Science	8	7	16%
Total	51	8	

Fonte – Elaborado pelo autor.

Conforme Tabela 1, a base que resultou na maior concentração de estudos foi a Scopus com 34 resultados, em seguida a IEEE com 9, e a Web of Science com 8.

2.2.2 Seleção

Conforme no protocolo definido, a etapa de seleção consiste na primeira avaliação dos estudos, esta é composta da leitura dos resumos dos mesmos, com o objetivo de levantar as primeiras correlações com a proposta da revisão.

Nesta etapa, também, buscou-se classificar os estudos conforme uma prioridade de leitura, analisando o assunto tratado nos resumos, da seguinte forma: A plataforma StArt permite que os estudos sejam classificados em quatro prioridades de leitura (definidas na língua inglês pela plataforma), sendo elas: Muito Baixa (*Very-low*), Baixa (*Low*), Alta (*High*) e Muito Alta (*Very-high*). Para a revisão atual optou-se por utilizar esta escala da seguinte forma, conforme os termos de busca: Se o estudo evidenciou somente um dos termos utilizados na busca (apesar de obrigatoriamente incluir todos os termos no corpo do documento), sua prioridade foi definida como *Very-Low*, contendo a relação entre “*Data Visualization*” e “*Social Network**” sua prioridade foi definida como *Low*. Tendo a relação de somente um dos termos “*Data Visualization*” ou “*Social Network**” com “*Learning OR Education*” foi classificado como um estudo que conteve forte relação com a pesquisa, portanto sua prioridade de leitura foi definida como *High*. E por fim, se o estudo correlacionou todos os termos, contendo relação total com o tema, sua prioridade foi definida como *Very-High*.

A classificação durante esta etapa, a partir da leitura dos resumos, foi registrada, com base nos critérios de seleção definidos no protocolo listados no Quadro 1, sendo o critério “Artigo completo e disponível” obrigatório para inclusão.

Quadro 1 – Critérios de inclusão e exclusão.

Inclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Artigo completo e disponível. • Relação com visualização de dados, após leitura do resumo. • Relação com análise de redes sociais, após leitura do resumo. • Relação com aprendizado/educação, após leitura do resumo.
Exclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Artigo indisponível. • Artigo de conferência ou resumo expandido. • Artigo não relevante ao estudo, após leitura do conteúdo.

Fonte – Elaborado pelo autor.

2.2.3 Extração

A etapa de extração contempla a etapa principal de leitura completa dos estudos selecionados, bem como, a extração dos dados, baseada nos “campos” pré-definidos na etapa de protocolo. Para a presente pesquisa, foram definidos seis campos para

extração de informações, com a finalidade de obter os dados para posterior análise bibliométrica e quantitativa.

O campo “Assunto” verifica de forma descritiva o assunto principal que o estudo trata. Campo “Tecnologias utilizadas”, verificando quais os meios técnicos para o desenvolvimento do assunto, como por exemplo *softwares*, *hardwares* ou arcabouços. Tendo em vista o caráter de análise de redes sociais e visualização de dados, foi extraída também a “Natureza dos Dados” que o estudo utilizou, analisando também o “Tipo de Visualização” que foi desenvolvida/utilizada. Além disso, foram extraídos também, os dados sobre o “Resultado / Produto final” desenvolvido no estudo e suas “Conclusões / Trabalhos futuros” propostos.

que esta etapa também consistiu na aquisição dos artigos junto às bases de dados, tendo em vista

2.2.4 Sumarização

A etapa de sumarização contempla a criação de tabelas, gráficos e a organização do apanhado de informações quantitativas obtidas nas três etapas anteriores (Identificação, Seleção e Extração), para que sejam efetuadas discussões sobre os resultados nas próximas seções.

Na primeira etapa (Identificação) foram identificados 51 estudos, resultantes das buscas nas três bases de dados, sendo 34 da Scopus, 9 da IEEE, e 8 da Web of Science. Ainda nesta etapa, após leitura dos resumos, foram atribuídas as prioridades para leitura dos estudos, sendo 16 classificados como “*Very High*”, 5 como “*High*”, 18 como “*Low*” e 12 como “*Very Low*”.

Na segunda etapa (Seleção), foram apreciados os resumos dos estudos, seguindo as prioridades de leitura da etapa anterior, resultando em 19 artigos aceitos, 24 rejeitados e 8 duplicados, neste processo foram definidas as prioridades de leitura para a próxima etapa, resultando em 14 classificados como “*Very High*” e 5 como “*High*”. Na terceira etapa (Extração) foi efetuada a apreciação completa dos estudos. Quatro foram excluídos devido à fraca relação com o assunto buscado e um artigo estava indisponível. Tendo 5 artigos rejeitados, distinguindo 14 artigos aceitos que se encaixam na temática abordada no presente estudo.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização da leitura (durante a etapa de extração), foi possível perceber um fator em comum quanto à abordagem da análise do ponto de vista da aplicação de seus meios técnicos para com o conjunto de dados que estes analisaram. Um novo parâmetro chamado “Abordagem de Análise do Conjunto de Dados” foi adicionado à esta revisão, além dos “campos” que já haviam sido definidos na etapa de protocolo.

Os critérios para relacionar os estudos (Tabela 2) foram selecionados conforme os campos utilizados na etapa de extração: As tecnologias de análise e visualização, abordando quais os meios técnicos adotados nos estudos para a obtenção e tratamento dos dados, além da criação das visualizações; a natureza dos dados analisados em cada estudo; os métodos adotados para a análise dos dados, com os tipos de visualização e algoritmos utilizados. Os estudos foram classificados quanto à forma como a visualização de dados foi aplicada na análise dos dados ou apresentada ao usuário. Foram identificadas duas abordagens, as quais nos referimos neste estudo como “Integrada” e “Fragmentada”.

A abordagem fragmentada refere-se a utilização de meios para a visualização de dados e a sua análise de forma externa ao sistema que está sendo apresentado, ou seja, por meio de ferramentas ou *softwares* especificamente para esta finalidade, que não fazem parte do sistema dos quais os dados são obtidos. Já a abordagem integrada refere-se à utilização de meios para a visualização de dados e análise integradas ao próprio sistema em que são obtidos os dados a analisar, de forma adaptada através de integração de bibliotecas ou *frameworks* de *software*.

Tabela 2 – Relação de trabalhos apreciados.

Autores	Tecnologias de ARS e Visualização de Dados	Natureza dos Dados	Métodos adotados para análise através da Visualização de Dados	Abordagem de Análise do Conj. de Dados
Karimi e Matous, 2018	T. Dados: R 3.4.0 Visualização: VOSviewer 1.5.4.	Dados de interações entre estudantes universitários, em rede social estudantil.	Mapas de Calor (<i>Heat maps</i>)	Análise em um ambiente fragmentado
Valls et al., 2018	T. Dados: HTML, Javascript, R, JSON, Python Tweepy, Google Geocoding API. Visualização: Nuvem de palavras com o Pacote R. Gráficos.	Dados de APIs do Flickr e Twitter, dados do próprio website da praça Gillet, objeto da análise proposta.	Histogramas. Nuvens de palavras. Mapas.	Análise em um ambiente fragmentado
Šlater et al., 2017	Não se aplica	Não se aplica.	Não se aplica	Análise em um ambiente fragmentado
Nacu et al., 2016	Não especificado	Dados de logs do iRemix.	Aplicação do framework OLSR	Análise em um ambiente fragmentado
Hernandez-Garcia et al. ² , 2016	T. Dados: MS Excel Visualizações: Gephi	Dados do sistema virtual do curso de Introdução a Informação Financeira da Open University of Catalonia	Grafos com os algoritmos de ordenação: ForceAtlas 2, Fruchterman-Reingold e Radial Axis.	Análise em um ambiente fragmentado
Hernandez-Garcia et al. ¹ , 2015	T. Dados: SPSS 18 Visualizações: Gephi	Dados de logs de atividade do sistema de comunicação online do curso de Introdução a Informação Financeira da Open University of Catalonia (UOC).	Grafos com os algoritmos: Fruchterman-Reingold distribution e Force Atlas 2	Análise em um ambiente fragmentado
Palmieri e Giglio, 2015	T. Dados: NetVizz Visualizações: Gephi	Dados de interações entre participantes das conferências TASC, KASC e JASC, através do Facebook.	Algoritmos de ARS: -Betweenness Centrality Distribution, -Closeness Distribution, -Eccentricity Distribution -Centrality.	Análise em um ambiente fragmentado
Handel, Hochman e Santoro, 2015	T. Dados: ScraperWiki Visualizações: Gephi e Tableau	Tweets de usuários que se identificam como professores em suas biografias no Twitter.	Grafos com os algoritmos: Force Atlas 2	Análise em um ambiente fragmentado
Becciani et al., 2015	Apresentação da ferramenta VisIVO	Compartilhamento de imagens fotográficas.	Análise colaborativa de dados astronômicos	Não se aplica
Goh e Sun, 2015	Análise de redes sociais através do framework "Cooper's Analytic Framework"	Dados de fóruns na época de ocorrência de dois desastres naturais.	Nuvens de palavras	Análise em um ambiente fragmentado
Wright et al., 2014	T. Dados: OpenSocial API, R 2.14.1 e Python Visualização: Gephi	Comunidades de estudantes no Google+.	Gephi, forceatlas2 layout, the groupings were coloured by modularity	Análise em um ambiente fragmentado
Silius, Tervakari e Kailanto, 2013	Não especificado	Integração de visualizações de dados em uma rede social da Universidade de Tecnologia de Tampere (TUT).	-Diagrama de rede -Gráfico de bolhas -Circle Packing -Diagrama de rede -Gráfico de barras -Star plot -Lista de rostos -Histograma interativo -Bundle-vision -Diagrama matricial -Visualização narrativa interativa	Análise em um ambiente integrado
Badge, Saunders e Cann, 2012	T. Dados: API Friendfeed, Ruby, R Visualização: Gephi	Ambiente de compartilhamento de Friendfeed.	Grafos	Análise em um ambiente fragmentado
Lorigo Pellacini, 2007	Visualização: Graphael	Publicações da base de dados SPIRES-HEP.	Grafos animados representando a evolução da rede através do passar do tempo	Análise em um ambiente fragmentado

Fonte – Elaborado pelo autor.

2.3.1 Analítica de aprendizagem social

Analítica de Aprendizagem Social (em inglês, *Social Learning Analytics*) é a aplicação das técnicas de análise de redes sociais (do inglês *Social Network Analysis*) com a finalidade de compreender, explicar e melhorar os processos de aprendizado (HERNÁNDEZ-GARCÍA *et al.*, 2015), assunto central aos estudos elencados para esta revisão, nos quais predomina a sua aplicação no âmbito do ensino superior nos estudos de: Karimi e Matous (2018), Valls *et al.* (2018), Hernández-García *et al.* (2015), Hernández García *et al.* (2016), Palmieri e Giglio (2015), Becciani *et al.* (2015), Wright *et al.* (2014), Silius *et al.* (2013), Badge *et al.* (2012) e Lorigo e Pellacini (2007).

Karimi e Matous (2018) tratam de como a análise de redes sociais pode ser aplicada aos dados de informações sociais de estudantes universitários, para revelar comunidades formadas por estes, bem como, para visualização da estrutura das interações entre estas comunidades. O estudo resulta na demonstração do grande impacto que a diversidade causa na educação superior, tanto em quesitos pessoais, sociais e/ou educacionais. O formato do estudo também é relevante para que as instituições de origem dos estudantes possam analisar as conexões entre estes, com o objetivo de dar suporte quanto às experiências fora de sua região de origem, já que atividades extracurriculares demonstram ser grande parte da vida universitária, conforme afirma o estudo.

Valls *et al.* (2018) abordam a utilização da análise visual de redes sociais para apoiar o desenvolvimento de atividades para alunos de arquitetura, conforme análise dos dados efetuada para a re-estilização em uma praça, atividade de um curso de arquitetura em Barcelona. Os resultados demonstram que é possível extrair informações (advindas de sites ou mídias sociais) que contribuem de fato para o desenvolvimento de tais atividades, porém pode ser muito difícil preparar as informações para a posterior análise e visualização. Os dados promovem e facilitam o entendimento de ambientes em que os alunos não estão familiarizados. Tendo como trabalhos futuros, aplicar o estudo a outros tipos de locais, como museus, áreas esportivas etc.

Hernández-García *et al.* (2015) têm como foco a análise de redes sociais e a visualização de dados para análise das estruturas sociais e interações entre estudantes e professores. O estudo avalia então a relação entre redes sociais e o desempenho dos alunos, explorando os potenciais da visualização de redes sociais para observar os comportamentos de alunos e professores. O estudo discute a utilização de Análise de Redes Sociais e Visualização de Dados, apontando que Análise de Redes Sociais como uma forma isolada de predição acaba não sendo tão efetiva. Entretanto, este conclui que as visualizações de dados realçam o potencial da Analítica de Aprendizagem Social, identificando atores relevantes, e seus papéis no processo de aprendizado, apoiando o papel dos professores na educação online a distância.

Palmieri e Giglio (2015) avaliam as interações entre participantes de eventos científicos através da análise visual de redes sociais, com foco especial em eventos internacionais com interações ágio-americanas. Porém, este estudo acabou sendo afetado por mudanças nas políticas de privacidade da rede social analisada que consequentemente afetaram diretamente o resultado das análises. Entretanto, os autores têm os resultados como positivos, especialmente por não existirem estudos que analisam dados de interações sociais no âmbito destas conferências.

Becciani *et al.* (2015) apresentam uma abordagem diferente das demais através da apresentação de uma ferramenta para a visualização de dados astronômicos colaborativa, com o objetivo de agrupar os estudos da área de astronomia que geralmente tendem a utilizar ferramentas pontuais e específicas. Apesar de abordar a análise visual de dados, a plataforma apresentada no estudo é voltada para a análise de dados astronômicos, e contempla pouco das interações entre seus usuários.

Wright *et al.* (2014) propõem o mapeamento do comportamento dos estudantes, baseado em um modelo de "Residentes e Visitantes". O estudo mostra que este Modelo de Residentes e Visitantes pode ser usado para mapear as atitudes no uso acadêmico de uma rede social (neste caso o ambiente Google+). Porém, concluem que ainda não há esclarecimentos sobre quais são os benefícios deste tipo de classificação.

Badge *et al.* (2012) apresentam um estudo para evidenciar se as contribuições dos estudantes à uma rede-social podem ser utilizadas para verificar o engajamento do estudante. Os resultados são positivos quanto ao uso de redes sociais, com um grande potencial ainda não utilizado na área do ensino.

Lorigo e Pellacini (2007) relatam um estudo sobre colaborações entre cientistas em uma rede para o estudo de física, ao longo de 30 anos. Para esta análise, além de visualizações de redes através de grafos, fez-se o uso também de análise estatística. O objetivo principal do estudo foi de avaliar o impacto da internet e novas tecnologias colaborativas na participação dos pesquisadores entre os estudos, ao invés de simplesmente analisar as ligações entre os autores. Foi possível perceber que o aumento das pesquisas se dá constantemente, não indicando que a internet tenha sido um fator decisivo nesse aumento.

2.3.2 Análise de Redes Sociais, Visualização de Dados, e Métodos

Os estudos selecionados abordaram a utilização de ferramentas tanto para o tratamento dos dados para a visualização, bem como para a elaboração da visualização em si. Para a visualização, a ferramenta mais utilizada foi o Gephi sendo utilizada em 43% dos estudos selecionados: Hernández-García *et al.* (2015), Hernández García *et al.* (2016), Palmieri e Giglio (2015), Handel *et al.* (2015), Wright *et al.* (2014) e Badge *et al.* (2012). Essa ferramenta é direcionada para a criação de grafos, permitindo que o analista interaja com as suas estruturas, formatos, cores e algoritmos de análise de

redes sociais, construindo hipóteses e percebendo os padrões ou erros nos conjuntos de dados analisados.

Complementarmente ao Gephi, Handel *et al.* (2015) utilizaram a ferramenta Tableau. O Tableau permite um controle maior sobre o tratamento dos dados na própria plataforma. Lorigo e Pellacini (2007) utilizaram a ferramenta Graphael, voltada à criação de Grafos, que também permite a criação de animações, possibilitando exibir a distribuição dos dados com relação ao tempo. Karimi e Matous (2018) utilizaram a ferramenta VOSviewer, também voltada à criação de grafos, tendo seu diferencial por focar no georreferenciamento dos dados e criação de mapas de calor sobre os mesmos.

2.3.3 Abordagem da Análise de Conjunto de Dados

Apesar dos pontos positivos evidenciados no trato da análise de dados sociais através da visualização de dados, não há um consenso quanto a uma ferramenta que contemple a análise completa de conjuntos de dados sociais, confirmando a hipótese de Slater *et al.* (2017), em que pondera que este processo geralmente é marcado pela utilização de um conjunto de ferramentas, cada qual com funcionalidades específicas, tanto para obtenção dos dados, quanto para tratamento ou visualização. Ao classificarmos os estudos (Tabela 2) conforme a abordagem da análise do seu conjunto de dados entre Integrada e Fragmentada, podemos perceber que a forma Fragmentada caracterizou 86% dos estudos. Estes fazem uso de ferramentas autônomas e assíncronas à plataforma que contém os dados analisados. A forma Integrada caracterizou 7% dos estudos avaliados, sendo apresentada apenas no estudo de Silius *et al.* (2013), este também registrou as opiniões dos usuários, que analisaram dez formas de Visualização de Dados, aplicadas com esta abordagem. Apesar de classificado previamente, após a sua apreciação, o estudo de Becciani *et al.* (2015) não se posicionou dentre os demais (caracterizando 7% dos estudos) quanto à abordagem da análise do conjunto de dados, pois apesar de apresentar a formação de uma rede social voltada à análise de dados, esta não contempla a análise dos dados das interações sociais entre seus usuários.

2.4 CONCLUSÃO DA RSL

Integrar as ferramentas de visualização e análise de dados ao sistema educacional que se está analisando pode permitir que os usuários da plataforma que são o alvo da análise, tirem proveito dos benefícios que comumente são voltados somente para apoiar os profissionais do processo de aprendizagem ou aos processos institucionais, este tipo de abordagem não tem sido extensivamente explorada em tecnologias educacionais de aprendizagem.

Silius *et al.* (2013) mostram que a integração da visualização para análise pode fazer com que os benefícios de seus resultados influenciem de forma direta os usuários do sistema social analisado. No meio educacional especialmente, esta integração colabora não somente para o professor ou para a instituição, mas para as decisões estratégicas por parte dos alunos no seu aprendizado. Esta característica o diferencia, já que envolve o ponto de vista dos analisados. Para que haja este retorno aos usuários, faz-se necessária a integração dos meios de análise ao sistema em questão, porém, conforme foi possível perceber por meio desta revisão, raras são as vezes que esta integração é considerada. Uma hipótese para a sua desconsideração está na falta de estudos que evidenciem os impactos da exposição dos meios de análise de redes sociais aos seus usuários, inferindo se esta iniciativa mudaria o comportamento destes para com os outros usuários e ao sistema como um todo.

É possível perceber a diversidade de ferramentas e abordagens técnicas, tanto para tratamento da informação quanto para a visualização de dados, utilizada nos estudos avaliados, porém, percebe-se que poucas destas soluções contribuem para a integração da visualização voltada à análise, junto ao sistema de origem dos dados, sendo então aplicadas de forma isolada. Conseqüentemente também impossibilitando análises com dados em tempo real.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, descreve-se o referencial teórico utilizado para o desenvolvimento do trabalho.

3.1 AMBIENTES VIRTUAIS INTERATIVOS

Pouco tempo atrás, o sistema de ensino focava no professor como único e principal detentor do conhecimento e sua metodologia de ensino advinha principalmente de livros. Porém, esse cenário vem se modificando nas últimas décadas e essa mudança se deve principalmente ao fato da inserção de novas tecnologias na educação (OLIVEIRA PEREIRA *et al.*, 2019). Neste sentido, Da Silva *et al.* (2020) destacam que o avanço das tecnologias é um fator que contribui para o aumento da consciência sobre a necessidade de se planejar, desenvolver e implementar os projetos educacionais. Por isso, é importante que o desenvolvimento dessas novas tecnologias de ensino considerem a importância de apropriação de novas técnicas que ao serem incorporadas às práticas escolares, possam permitir o uso pleno e adequado no mundo digital.

De acordo com Oliveira Pereira *et al.* (2019), novos sistemas e equipamentos têm sido utilizados buscando favorecer processos educacionais em ambientes realistas e interativos. Pensando nisso, surgem os ambientes virtuais interativos, que consistem em ferramentas que atendem essas necessidades de aprendizagem e que fazem parte das novas tendências que vêm evoluindo em uma velocidade cada vez maior, proporcionando uma expansão da adoção de recursos tecnológicos que contribuem para o processo de ensino e aprendizagem.

Da Silva *et al.* (2020) destacam, neste contexto, que levando em consideração a perspectiva de que as tecnologias podem ser utilizadas como suporte aos processos de ensino e aprendizagem, todos os tipos de serviços e aplicativos digitais cujas bases se estruturam sobre o hipertexto, a interatividade, a comunicação síncrona ou assíncrona e a mobilidade podem ser consideradas como ambientes virtuais interativos. Oliveira Pereira *et al.* (2019) complementa que essas técnicas e aplicações de ambientes virtuais dotados de recursos permitem uma melhor interação e imersão do usuário com o conteúdo a ser estudado.

Por outro lado, os Ambientes Virtuais produzem quantidades de dados significativas sobre a interação dos alunos com o ambiente e esses dados podem ser considerados, segundo Borba e Gasparini (2015), como a trajetória da aprendizagem, que representa o caminho utilizado pelos alunos para alcançar os objetivos educacionais e que pode ser obtido pela análise desses dados. Neste sentido, através da análise da trajetória de aprendizagem, o professor pode retirar importantes informações sobre o comportamento dos alunos.

Com isso, a aplicação de novas estratégias para atrair o interesse dos estudantes e de tecnologias que possam ser aplicadas no processo de ensino-aprendizagem são cada vez mais necessárias, entre estas abordagens e tecnologias, destaca-se a LA.

3.2 ANÁLISE DE APRENDIZADO

A crescente disponibilidade de dados relativos à interação de alunos e instrutores em Ambientes Virtuais de Aprendizagem fomentou o surgimento de uma nova área de pesquisa, conhecida como *Learning Analytics* (DOURADO *et al.*, 2018). Porém ao contrário do que se pensa, o conceito da utilização de LA vem sendo discutido desde o ano de 2009, porém apenas em 2011 foi definido o seu conceito como “medição, coleta, análise e relatórios de dados sobre aprendizes e seus contextos, para fins de compreensão e otimização da aprendizagem e dos ambientes em que ocorre”, na ocasião da primeira *International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK)*, que ocorreu no Canadá, nesta ocasião surge com o principal objetivo de melhorar a qualidade do aprendizado e do ensino (JÚNIOR; MERCADO, 2019).

A partir disto, começa a sua disseminação e vem ampliando sua representação no quesito de submissões de artigos científicos ano a ano. Constata-se que no período de oito anos houve uma triplicação de artigos submetidos, de 38 em 2011 para 115 no ano de 2018 (JÚNIOR; MERCADO, 2019). Conde *et al.* (2014) ressaltam que LA foi uma derivação dos princípios de BI e *Data Mining (DM)* utilizados em Sistemas de Informação Empresarial aplicados ao campo educacional, de forma muito teórica e prospectiva.

Segundo Ogawa *et al.* (2017) a Análise de Aprendizado descreve-se também como sendo a interpretação de uma ampla gama de dados produzidos pelos estudantes a fim de avaliar o seu progresso acadêmico, prever o desempenho futuro e detectar possíveis problemas e reforça que elas permitem tanto ao professor quanto ao estudante visualizar o progresso e o desempenho individual assim como de toda a turma.

Para Zapparoli *et al.* (2017), as ferramentas de Análise de Aprendizado, são definidas como um conjunto de ferramentas que são voltadas à medida, coleta, análise e relato dos dados de alunos com a finalidade de melhorar o processo de ensino e aprendizagem através da análise de dados gerados pelos alunos.

A Análise de Aprendizado está sendo amplamente utilizada dentro de contextos educacionais diversos, como ensino presencial, semipresencial e Educação a Distância (EAD). No domínio da educação, a Análise de Aprendizado torna-se um relevante instrumento nas mãos dos envolvidos nesta área, pois um vasto número de dados é gerado a partir da interação dos atores, dos conteúdos e da própria tecnologia nos Ambientes Virtuais de Aprendizagem, sendo sistematicamente armazenados, os quais,

consequentemente, poderão ser recuperados para descobrir conhecimento, possibilitando a melhoria na resolução de problemas educacionais (JÚNIOR; MERCADO, 2019).

Devido a este novo panorama, Silva *et al.* (2019) realizaram um levantamento bibliográfico para verificar se a utilização de sistemas baseados em Análise de Aprendizado dentro de um Ambiente Virtual de Aprendizagem, como o Moodle, pode auxiliar o docente no acompanhamento do discente e, dessa forma, possibilitar mais disponibilidade de tempo ao docente com relação ao acesso às informações frequentemente geradas pelos discentes e armazenadas no ambiente (SILVA *et al.*, 2019).

Júnior e Mercado (2019) destacam que a Análise de Aprendizado tem alcançado uma robusta posição entre outras tecnologias educacionais, sendo colocada como uma área com ganhos substanciais para potencializar o processo de ensino-aprendizagem, e isso fica visível devido a parte dos atores da educação demonstrarem o interesse pela relevância que a Análise de Aprendizado tem para o apoio educacional, compartilhando análises para a ação e o efetivo aprendizado, sendo uma área interdisciplinar. Uma das formas mais efetivas de organizar e comunicar conjuntos de dados educacionais, de forma a torná-los úteis aos diversos atores envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, é por meio de visualizações interativas, o que tem levado ao desenvolvimento de uma subárea de pesquisa dentro de Análise de Aprendizado chamada de Análise Visual de Aprendizado ou VLA (DOURADO *et al.*, 2018).

3.3 ANÁLISE VISUAL

Para falarmos de Análise Visual de Aprendizado ou VLA, primeiramente temos que entender o que significa análise visual. A Análise Visual (do inglês “*Visual Analytics*”) é a análise racional assistida pelas interfaces com as quais o usuário interage (WONG *et al.*, 2006) e, que conforme Moran *et al.* (2016), estas capacidades permitem um menor tempo para discernimento, com maiores interações com a informação, já que, como por exemplo, em análises de grandes conjuntos de dados (*Big Data*), certos tipos de anomalias podem ocorrer nos dados, os quais só podem ser facilmente percebidas através de uma análise dedicada para que sejam exibidas para o usuário, integrando então a intuição e percepção humana à Visualização de Dados (VD).

Neste sentido, Alves (2020) destaca que se trata da ciência do raciocínio analítico facilitado por uma interface visual interativa, fornecendo um meio eficaz para interagir dinamicamente e visualmente, para explorar e analisar dados grandes e complexos. Permite a compreensão dos dados e facilita o desenvolvimento de estratégias relevantes de mitigação de riscos, além de destacar ser uma área eficiente na detecção de comportamentos esperados e, mais importante, na descoberta do inesperado.

Silva Filho e Mangan (2016) destacam que o volume de dados gerados hoje por ambientes virtuais é considerável se levarmos em conta, informações de acesso, par-

ticipações nas atividades, publicações, entre outras interações dentro dos ambientes. Contudo, estas informações ainda são pouco utilizadas e muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas onde se busca informações principalmente na questão de identificar padrões de comportamentos de seus usuários.

Um dos benefícios mais promissores dos mecanismos de análise de dados é o seu potencial para informar o design instrucional proposto e por meio de ambientes de aprendizagem adaptativa, responder às ações do aluno em tempo real (FILATRO, 2019). Num espectro mais amplo de análise, a ciência dos dados educacionais possibilita a tomada de decisão informada em todos os níveis do sistema educacional, neste sentido, conclusões baseadas na análise de vários conjuntos de dados podem ter implicações significativas. Seguindo por essa linha, é preciso pontuar sobre a VD, para então entendermos o sentido completo da Análise Visual de Dados.

3.3.1 Visualização de Dados

De acordo com Alves (2020), as representações visuais surgiram antes mesmo da escrita, milhares de anos atrás, quando os acontecimentos do cotidiano eram desenhados visando repassar conhecimento para as próximas gerações. Com o passar do tempo os sistemas computacionais se tornaram cada vez mais presentes em diversos aspectos da vida humana, coletando e armazenando grandes volumes de dados, passamos a ter também as necessidades de coletar, armazenar e disseminar esses dados que crescem exponencialmente. Com essas necessidades em foco surge o conceito que combina aspectos da visualização científica, interação humano computador, mineração de dados, imagens e gráficos, conhecido como Visualização de Dados.

A Visualização de Dados é a disciplina que trata da representação de resultados complexos da Análise de Dados, para que os usuários possam, a partir destes interpretá-los e utilizá-los (LAVALLE *et al.*, 2011). Já para Wong *et al.* (2006), a visualização de Dados é um fator chave na interpretação de conjuntos de grandes dados. Conforme descrito, por meio de uma representação visual é possível transmitir também os muitos relacionamentos entre os diversos elementos em paralelo, provendo o indivíduo que a utiliza de memória observável direta.

Nesta conjuntura, Alves (2020) descreve que a VD envolve a apresentação de dados em forma gráfica, auxiliando o entendimento e a análise da informação. Além disso, a VD ajuda a explicar fatos e beneficia qualquer campo de estudo que exija formas inovadoras de apresentar informações grandes e complexas. Sendo assim, o principal objetivo da Visualização de Dados é comunicar a informação de maneira clara e eficaz através de representações visuais interativas e suportadas por um computador, visando ampliar a cognição.

A principal vantagem da VD é a de que os usuários finais possam compreender estes dados sem a necessidade de uma preparação destes por um analista especí-

alizado, implicando também em um menor tempo para a interpretação de conjuntos complexos de dados (CHANG, 2018).

Aliar a visualização de dados ao contexto educacional faz com que a compreensão por parte do professor seja ampliada, quando ao avaliar as atividades e a participação dos alunos, conseqüentemente, do ponto de vista administrativo, colabora também para o projeto do curso em si. Já do ponto de vista dos alunos, a visualização colabora diretamente no acompanhamento do próprio aproveitamento do ensino, ao permitir que estes planejem estrategicamente o seu próprio aprendizado, ao visualizar dados tanto próprios quanto de colegas (SILIUS *et al.*, 2013). Neste sentido, essa junção de análise visual e visualização de dados e informações abre o caminho para a exploração da sub-área conhecida como Análise Visual de Aprendizado.

3.3.2 Análise Visual de Aprendizado

Conhecendo um pouco de Análise de Aprendizado, Análise Visual, e Visualização de Dados, é possível compreender um pouco melhor a área de VLA.

De acordo com Echeverria *et al.* (2018), a ciência de dados agora está impactando o setor de educação, com um número crescente de produtos comerciais e protótipos de pesquisa fornecendo painéis de aprendizagem e visualizações e essas representações visuais dos dados dos alunos ganharam considerável atenção no campo da análise de aprendizagem.

Em sua pesquisa, Vieira *et al.* (2018) fazem uma revisão sistemática da literatura que explora as abordagens da Análise Visual de Aprendizado, bem como as conexões existentes entre essas abordagens e teorias educacionais. Segundo os autores, embora existam revisões da literatura em análise de aprendizagem e campos relacionados e em análise visual e visualização de informações, há uma lacuna na interseção dessas áreas, que é explorada e definida como Análise Visual de Aprendizado, e que é definida pelo autor como o uso de ferramentas e métodos computacionais para a compreensão de fenômenos educacionais por meio de técnicas de visualização interativa.

De acordo com Gaowei Chen (2020), enquanto a análise de aprendizagem visa alavancar tecnologias analíticas para coletar, medir, analisar e relatar dados sobre os alunos e seus processos de aprendizagem, a análise visual enfatiza o uso de visualizações interativas para facilitar o processo de raciocínio analítico para resolução de problemas. O campo emergente de analítica visual da aprendizagem combina as perspectivas de analítica de aprendizagem e analítica visual para entender problemas educacionais.

Para Vieira *et al.* (2018), o VLA permite a compreensão de problemas educacionais de perspectivas orientadas a produtos e processos, com suporte de análise visual. Para Gaowei Chen (2020), VLA é definido como o emprego de analítica visual

(ou seja, tecnologias analíticas e de visualização) para melhorar a tomada de decisão educacional e enfatiza a combinação de análise visual e automatizada para resolver problemas educacionais complexos.

Nessa visão, o VLA reconhece o raciocínio e o julgamento humanos como essenciais para o uso de análises e visualização para fazer sentido. Gaowei Chen (2020), diz que as técnicas de VLA estão agora sendo aplicadas aos campos de aprendizagem de alunos e professores. Neste sentido, Hillaire *et al.* (2016) discutem a análise de aprendizagem visual em sua pesquisa, com o objetivo de explorar um mecanismo universal pelo qual os alunos podem refletir sobre suas reações emocionais ao material de aprendizagem.

Para Echeverria *et al.* (2018), a análise de aprendizado agrega indicadores, de uma ou mais fontes, sobre a atividade e/ou aprendizagem do aluno, usando uma ou mais visualizações e que os painéis voltados para o professor costumam ajudar os educadores a compreender melhor todo o seu curso ou tarefas específicas, refletir sobre suas estratégias de ensino e identificar os alunos que requerem atenção específica. Para os alunos, destina-se a potencialmente ajudá-los a refletir sobre os aspectos de seu comportamento de aprendizagem, por exemplo, gerenciar o tempo de forma eficaz, acessar recursos de aprendizagem importantes ou obter uma imagem mais rica de seu progresso.

3.4 EDUCAANATOMIA3D

O presente projeto faz parte do ambiente virtual interativo EducaAnatomia3D, que consiste em um ambiente desenvolvido para a Web, que tem como finalidade o estudo da Anatomia Humana, e que atualmente encontra-se em uso pela comunidade acadêmica. O ambiente EducaAnatomia3D tem como objetivo auxiliar estudantes de cursos da área da saúde no ensino da Anatomia Humana, permitindo uma nova forma de auxílio para estudos e testes do conhecimento nessa área (BATISTA *et al.*, 2017).

Estão disponíveis quatro sistemas da anatomia humana, que ao serem selecionados pelo usuário o direciona ao jogo sério que fornecerá a interação com objetos anatômicos em 3D. O ambiente foi projetado para contemplar quatro sistemas do corpo humano: o Sistema Esquelético, Sistema Cardiovascular, Sistema Muscular e Sistema Nervoso.

Ao escolher estudar o sistema esquelético, o usuário tem a possibilidade de estudar a estrutura dos ossos com suas particularidades. No sistema cardiovascular, é possível estudar a estrutura das principais artérias e veias. No sistema nervoso é possível estudar o sistema nervoso central e sistema nervoso periférico. E, no sistema muscular, o objetivo é estudar a estrutura dos músculos e tendões do membro inferior.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A proposta deste trabalho é identificar a eficácia do uso da análise visual de aprendizado em docentes de ciências da saúde. Para isso, será projetado e desenvolvido um sistema de visualização de dados ao sistema muscular, o qual é integrante do ambiente virtual interativo EducaAnatomia3D. A fim de melhor apresentar os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento do sistema, dividiu-se o trabalho nas seguintes etapas: Na Seção 4.1 é realizada a classificação da pesquisa e dos informantes. Na sequência, na Seção 4.2 são descritos os instrumentos de geração de dados e na Seção 4.3 apresentadas as diretrizes para análise de dados.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A natureza da pesquisa enquadra-se na categoria aplicada e tecnológica, com objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à resolução de problemas em dado contexto.

Quanto à abordagem do problema, esta pesquisa se caracteriza como qualitativa, ou seja, considera uma relação dinâmica entre o sujeito e o mundo real que não pode ser traduzido em números (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

Em relação aos objetivos, esta pode ser classificada como uma pesquisa exploratória, caracterizada como o passo inicial no processo de pesquisa pela experiência e um auxílio que traz a formulação de hipóteses significativas para posteriores pesquisas. Em relação aos procedimentos técnicos aplicados para elaboração da pesquisa, estes foram a realização de pesquisa bibliográfica, elaborada a partir de publicações, que teve por objetivo estabelecer o estado da arte da análise visual do aprendizado e fornecer a fundamentação teórica para o trabalho.

A estratégia utilizada para essa pesquisa foi o estudo de caso, que segundo Yin (2015) utiliza-se dessa estratégia para examinar acontecimentos contemporâneos, inseridos em algum contexto da vida real, mas quando não se pode manipular comportamentos relevantes.

4.2 GERAÇÃO DE DADOS

Os dados dessa pesquisa foram obtidos das seguintes maneiras: a primeira fase através de uma pesquisa bibliográfica e na segunda fase utilizando a técnica de observação e aplicação de questionários.

Na primeira fase foi realizada uma pesquisa bibliográfica, que é uma etapa decisiva da pesquisa científica, que tem como objetivo reunir os dados apropriados ao problema a ser investigado e, assim, identificar a lacuna a ser pesquisada. Nesta etapa foi possível aprofundar o conhecimento teórico sobre o tema e conduzir as proposições

da pesquisa, indicando o foco do que deveria ser tomado através da RSL. Para isso, as bases de dados para a pesquisa foram a Scopus®, Web of Science® e IEEEExplore® e como ferramenta para a análise e seleção dos artigos foi utilizada a ferramenta StArt® (UFSCAR, 2021).

Com base na RSL, chegou-se à conclusão de que “tecnicamente é possível perceber a diversidade de ferramentas e abordagens, tanto para tratamento da informação quanto para a visualização de dados utilizada nos estudos avaliados, porém, percebe-se que poucas destas soluções contribuem para a integração da visualização voltada à análise, junto ao sistema de origem dos dados, sendo então aplicadas de forma isolada, conseqüentemente, também impossibilitando análises com dados em tempo real”.

A segunda fase consistiu na aplicação de um questionário (Apêndice D), que consiste em um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelos pesquisados (GIL, 2010).

4.2.1 Análise De Dados

Para a análise de dados, utilizou-se uma análise descritiva com base nos resultados obtidos através do estudo de caso, que foi realizado com docentes dos cursos de Medicina e Fisioterapia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, onde os professores dos cursos utilizaram o jogo do sistema muscular a fim de analisar a ferramenta/protótipo integrado ao EducaAnatomia3D, o LAVis e, posteriormente, avaliar a utilização deste através de um questionário de aceitação de tecnologia.

O protocolo para o estudo de caso, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndices A e B), e o questionário (Descrito no Capítulo 6) foram aprovados pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina e pela Plataforma Brasil (CAAE: 61265816.0.0000.0121) (Plataforma Brasil, 2021).

O questionário utilizado para avaliação foi baseado no modelo de aceitação de tecnologia ou *Technology Acceptance Model (TAM)*, que considerou três fatores: Percepção de Facilidade de Uso, Percepção de Utilidade e Atitude em Relação ao Uso. Além disso, o questionário apresenta 3 questões discursivas que tem como objetivo avaliar os efeitos da utilização do LAVis, logo após estudar o sistema muscular no ambiente virtual interativo EducaAnatomia3D.

5 MÉTODO DE INTEGRAÇÃO PROPOSTO

O objetivo deste capítulo é especificar os artefatos do *software* desenvolvidos, que compõem as alterações efetuadas no EducaAnatomia3D para que este dê suporte à análise visual de dados educacionais, integrados à plataforma.

5.1 ANÁLISE DA PLATAFORMA

O sistema de visualização desenvolvido foi integrado ao ambiente virtual interativo EducaAnatomia3D, que consiste em um ambiente desenvolvido para a Web, que tem como finalidade o estudo da Anatomia Humana e que atualmente encontra-se em uso pela comunidade acadêmica. O ambiente EducaAnatomia3D tem como objetivo auxiliar estudantes de cursos da área da saúde no ensino da Anatomia Humana, permitindo uma nova forma de auxílio para estudos e testes do conhecimento nessa área (LEMOS *et al.*, 2019).

O EducaAnatomia3D provê aos usuários a possibilidade de estudo de conteúdos de anatomia humana subdivididos em quatro sistemas: Esquelético, cardiovascular, nervoso e muscular, sendo este último, o foco desta implementação. O estudo é dirigido ao aluno em duas etapas, a apresentação e a fixação do conteúdo. Na etapa de apresentação do conteúdo, o aluno pode interagir com o modelo anatômico tridimensional do sistema anatômico respectivo, a partir de um menu lateral que exhibe os nomes dos componentes tridimensionais ou através da interação direta com o modelo tridimensional, através de movimentos com o *mouse* ou dos botões de controle. Ao selecionar quaisquer um dos objetos tridimensionais, há a apresentação do conteúdo, com descrições textuais e imagens. Na etapa de fixação do conteúdo, o aluno responde um número de questões em formato de jogo de questionário (*Quiz*). São apresentadas questões sobre o sistema anatômico selecionado, com questões de múltipla escolha e de resposta livre. Durante a exibição de cada uma das questões do *Quiz*, o modelo anatômico respectivo à questão é exibido, sendo relacionado à questão e às suas possíveis respostas.

Inicialmente, o foco principal era representar visualmente as possíveis ligações entre os usuários da plataforma através de técnicas de Análise de Redes Sociais (ARS). Esta ideia inicial teve origem na revisão da literatura, porém foi concluído que as plataformas que faziam uso de análise visual (e ARS) o faziam para o uso por especialistas e não disponibilizavam qualquer tipo de objeto/visualização para análise voltados aos seus usuários. O objetivo do presente artefato de software então é o de efetuar a integração de um sistema de análise visual de dados, para posteriormente viabilizar a visualização não somente de dados sociais gerados na plataforma, mas de quaisquer dados educacionais.

Respeitando as duas etapas nas quais o EducaAnatomia3D pauta a sua entrega

de conteúdo, foi decidido representar visualmente os dados gerados em cada uma delas e, posteriormente, permitir ao usuário efetuar a análise das suas informações, correlacionando ambas, já que na apresentação o aluno passa por um período de interpretação de conteúdo, análogo à interação com um modelo anatômico físico e conteúdos didáticos sobre seus componentes, para logo ao acessar a etapa de fixação, ser arguido sobre o conteúdo estudado anteriormente. Esta relação entre as duas etapas caracteriza a possibilidade de, através da visualização dos dados de ambas as etapas, prover o entendimento do aluno sobre a sua compreensão do conteúdo na etapa de apresentação do conteúdo e da percepção do seu próprio desempenho no jogo *Quiz* na etapa de fixação do conteúdo.

Para a integração do sistema de visualização é necessária a adequação do desenvolvimento às tecnologias utilizadas na plataforma em questão. No caso do EducaAnatomia3D este é baseado em tecnologias para a *web*, tendo no *front-end* o JavaScript® na versão 1.5 juntamente com o *Cascading Style Sheets (CSS)*3® e *HyperText Markup Language (HTML)*5®. Para o *back-end* é utilizada a linguagem de programação PHP versão 5.5 e a biblioteca JQuery Ajax. Para a geração das visualizações utilizadas no sistema de visualização, foi utilizada a D3 (*Data Driven Documents*), uma biblioteca JavaScript para processar e visualizar dados com HTML, SVG e CSS. A tecnologia utilizada no desenvolvimento do jogo sério foi o Babylon.js®, um mecanismo 3D baseado em *Web Graphics Library (WebGL)* focado principalmente em desenvolvimento de jogos. O Babylon.js possui ferramentas para criar, exibir e texturizar malhas no espaço 3D, assim como adicionar fontes de luz e câmeras.

O projeto de desenvolvimento foi subdividido em três etapas:

- Captura de dados;
- Armazenamento de dados;
- Processamento e visualização

5.2 CAPTURA DE DADOS

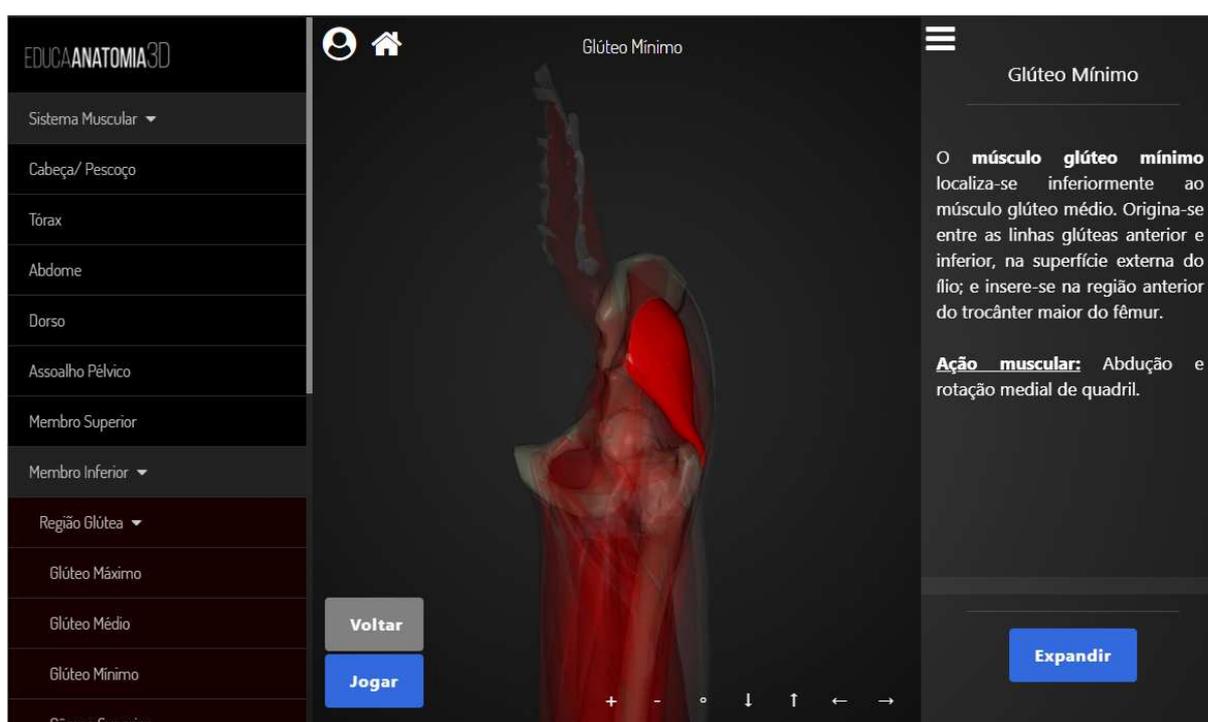
Para realizar a integração do sistema de visualização com o EA3D, foi necessário, além de um plano de adaptação da estrutura do Banco de Dados (BD) (descrito na Seção 5.3), a identificação dos momentos de geração dos dados, caracterizados pela interação do usuário com o sistema. Este capítulo descreve as etapas principais do desenvolvimento da captura de dados e quais informações são capturadas nos momentos em que ocorrem interações nas etapas de apresentação e fixação do conteúdo do EA3D.

5.2.1 Estratégia de Captura de Dados para a etapa de Apresentação do Conteúdo

A etapa de apresentação do conteúdo foi analisada, de forma a capturarmos um ponto em comum que indique uma interação unitária (a menor unidade de interação que pode ser armazenada como um registro no BD) com o conteúdo apresentado ao usuário. Quando este inicia uma sessão de apresentação do conteúdo no sistema, é efetuada uma inclusão no BD para registrar esta operação na tabela que agrupa os registros unitários de interação.

Percebeu-se que a condição de interação unitária é alcançada tanto no momento que o usuário seleciona o item de conteúdo através do menu lateral, bem como, ao interagir diretamente com o modelo tridimensional conforme é exibido na Figura 1. Para cada interação unitária, um registro é inserido na tabela de acordo, vinculado à sessão de apresentação, registrada anteriormente.

Figura 1 – Estratégia de captura de Dados na fase de apresentação do conteúdo.



Fonte – EducaAnatomia3D (2021) - Elaborado pelo autor.

O processo de registrar o início de uma sessão serve, primeiramente, como forma de agrupar as interações subsequentes, porém alguns dados relevantes à análise já são armazenados no início de uma sessão de estudos, as principais informações relevantes à análise são:

- Data (data_ini e data_fim) – A data da atual sessão de estudos.
- Identificador de conteúdo alvo (alvo_interacao) - Distingue os conteúdos disponíveis em cada sistema anatômico disponível para estudo na plataforma.

No momento que o usuário efetua a interação com o objeto de estudo e em que lhe é apresentado o conteúdo, é, então, efetuado o registro de uma unidade de interação. As informações armazenadas para posterior análise são:

- Item de conteúdo alvo (alvo_interacao_item) - O registro do título do conteúdo selecionado pelo usuário.
- Região anatômica (alvo_ancestor) - A região à qual pertence o item selecionado.
- Data e hora inicial (data_ini) - A data e hora (com valor de minutos e segundos) que se deu o início da interação com o conteúdo selecionado.
- Data e hora final (data_fim) - A data e hora (com valor de minutos e segundos) que se deu o término da interação com o conteúdo selecionado.

O registro do tempo de finalização de interação com cada item é efetuado de maneira que ao interagir com outro conteúdo ou efetuar uma ação que leve à saída da etapa de apresentação, o registro anterior tem o seu campo de data/hora atualizado.

5.2.2 Estratégia de Captura de Dados para a Etapa de Fixação do conteúdo

A etapa de fixação do sistema consiste em um jogo no formato de um *Quiz*. Após selecionar a opção de iniciar uma partida do jogo, o aluno escolhe a região anatômica à qual pretende responder às questões. A estrutura desta etapa no EducaAnatomia3D prevê quatro regiões anatômicas: glútea, coxa, perna e pé, conforme a Figura 2, que conta com 45 possíveis questões para cada uma das quatro regiões, totalizando 180 questões a serem sorteadas. O mecanismo de sorteio das questões originalmente efetuava o carregamento destas através de um vetor pré-sorteado, no momento em que o aluno iniciava o jogo, com o conteúdo das questões e suas respostas armazenadas em arquivos de texto em formato HTML.

Para a captura das informações para a presente proposta, faz-se necessária a identificação das questões, para posterior comparação com os dados de estudo

da etapa de apresentação. Assim as questões foram armazenadas em BD e o mecanismo de sorteio convertido para este novo método de leitura agora advindo do BD, possibilitando também identificar a qual região anatômica a questão pertence.

Figura 2 – Estratégia de captura de Dados na fase de fixação do conteúdo.



Fonte – EducaAnatomia3D (2021) - Elaborado pelo autor.

No momento em que o aluno seleciona uma das regiões, é registrado o início de uma sessão de jogo com os principais dados armazenados:

- Data (data_ini e data_fim) – A data da atual sessão de jogo.
- Quantidade de questões (quant_questoes) - A quantidade de questões que o aluno responderá por essa partida do jogo.

Os dados são registrados e inseridos no BD a cada confirmação de resposta efetuada pelo aluno (Figura 2). Esta ação representa a unidade de informação da etapa de fixação relacionada à sessão que a agrupa, as seguintes informações são registradas:

- Questão (id_questao_quiz) - A referência à questão que foi respondida pelo aluno.
- Resultado (acerto) - Registra se o aluno respondeu corretamente.
- Data e hora final (data_fim) - A data e hora (com valor de minutos e segundos) que se deu o término da resposta à questão.

O sistema, em sua versão original, contém um ranqueamento dos alunos, porém este somente armazena ao final da sessão de fixação a quantidade de acertos obtida pelo estudante. Com a atribuição de identificação às questões, pôde-se identificar cada uma e analisar as dimensões de assunto, resultado e tempo.

5.3 ARMAZENAMENTO DOS DADOS

Esta seção compreende a criação de uma solução para armazenamento dos dados gerados através da etapa de captura, sua filtragem e classificação.

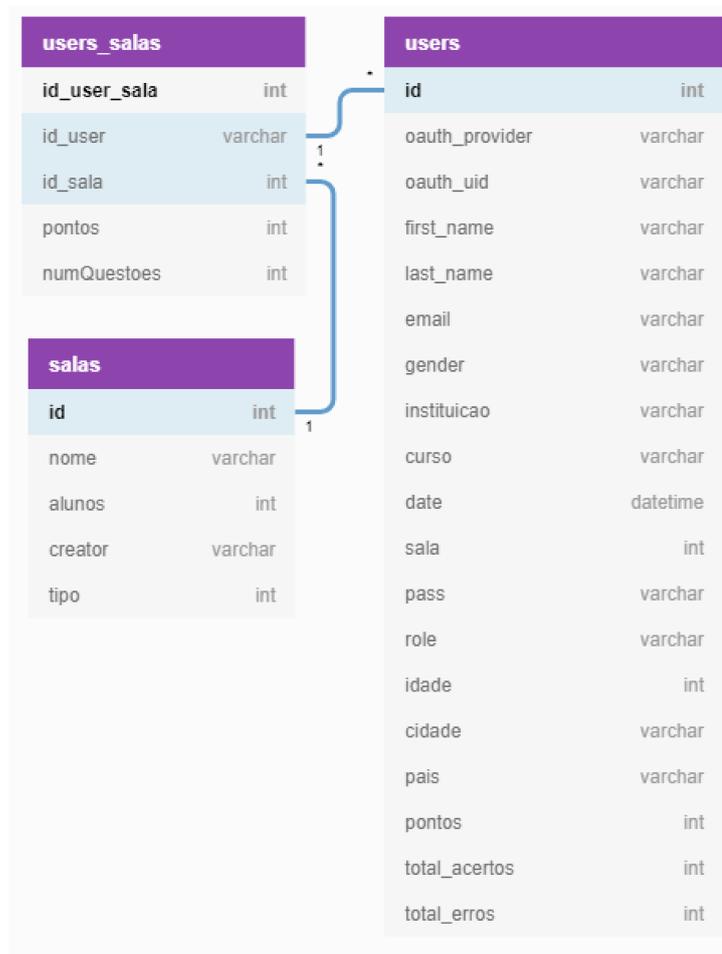
5.3.1 Estrutura do Banco de Dados

Um dos pontos fundamentais na integração do sistema de análise visual ao EducaAnatomia3D é o planejamento da estrutura de armazenamento dos dados capturados para posterior análise. A partir do levantamento dos dados capturados, percebeu-se que, no caso do EA3D, pode-se representar a estrutura do armazenamento através da divisão entre suas duas etapas principais, considerando também as suas tabelas originais, que no caso são utilizadas em seu mecanismo de controle de usuários e salas. A estrutura das tabelas pôde ser, então, subdividida em tabelas de controle, tabelas da etapa de apresentação e tabelas da etapa de fixação.

As tabelas presentes no sistema, em seu estado original exibidas na Figura 3, são responsáveis por armazenar informações referentes ao controle básico do sistema, temos três tabelas que armazenam:

- **users:** Dados de identificação do usuário, tanto para *login*, bem como para exibição nas seções de sala, armazena também os valores de pontos utilizados no sistema de ranqueamento original.
- **users_salas:** A ligação entre a tabela de usuários e a tabela de salas, para a funcionalidade que agrupa os usuários em salas virtuais.
- **salas:** A representação de uma sala virtual, permitindo o agrupamento dos alunos e a comparação de resultados do ranqueamento da etapa de fixação dentre os colegas da mesma turma.

Figura 3 – Tabelas originais do EducaAnatomia3D.



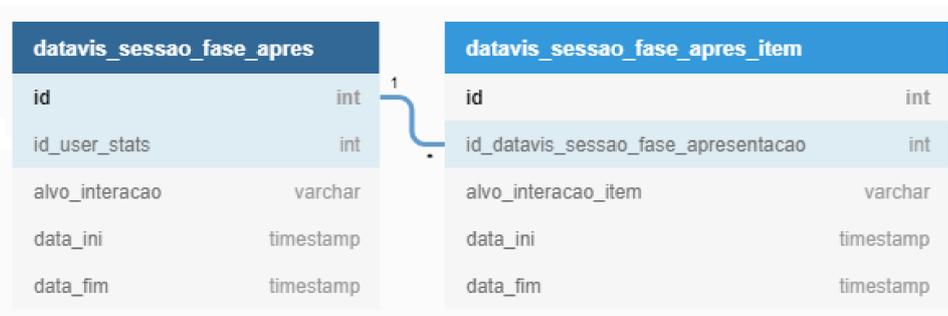
Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

O conjunto de tabelas apresentadas nas seções subsequentes foram desenvolvidas para a presente integração do sistema de análise visual. Para a etapa de apresentação do conteúdo, foram necessárias duas novas tabelas para registrar a sessão de estudos. Para cada item de conteúdo com o qual o usuário interagiu (Figura 4), temos, então, as duas tabelas seguintes:

- `datavis_sessao_fase_apres`: Dados sobre o início de uma sessão de apresentação de conteúdo, armazena valores de data da sessão, bem como qual sistema anatômico se refere, além de representar a sessão para agrupar os itens desta etapa.
- `datavis_sessao_fase_apres_item`: Representa cada interação com o conteúdo na etapa de apresentação. Além da identificação textual de qual item o usuário interage, esta armazena os valores de tempo inicial e tempo final da interação. Está

obrigatoriamente vinculada a um registro de sessão da etapa de apresentação criado anteriormente.

Figura 4 – Diagrama ER da Base de Dados (Fase de Apresentação do Conteúdo)



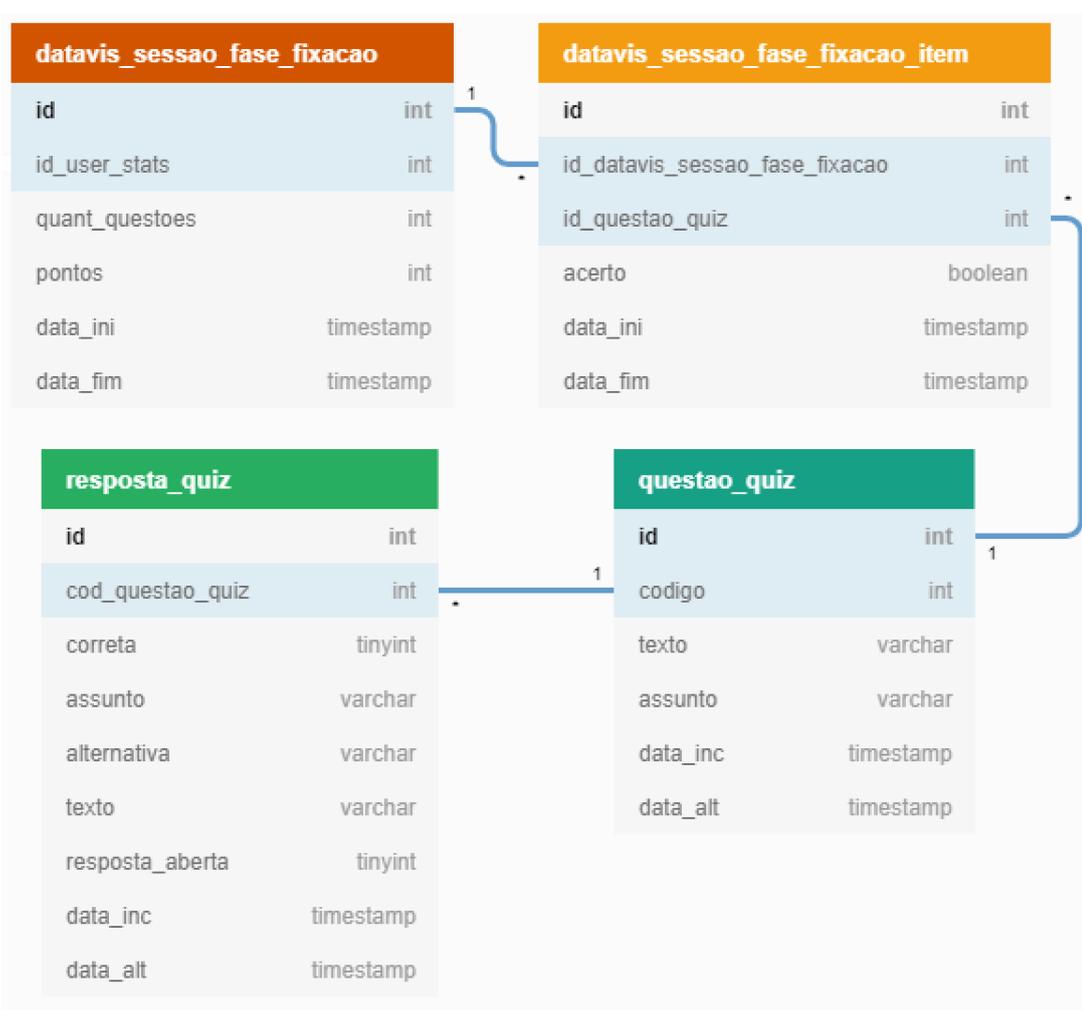
Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

Para a etapa de fixação do conteúdo, utilizou-se, também, o modelo que mantém uma tabela para registro da sessão, efetuando, o agrupamento dos itens que registram cada uma das respostas do usuário no jogo. Para possibilitar a identificação de cada uma das questões e seu assunto, as questões foram armazenadas em uma estrutura similar em que cada questão mantém relação com as suas múltiplas possíveis respostas no caso de questões objetivas ou a uma única resposta, no caso de uma questão de resposta aberta. A estrutura resultou nas seguintes tabelas exibidas na Figura 5:

- **datavis_sessao_fase_fixacao**: Armazena as informações da criação de uma sessão no início da etapa de fixação, serve ao propósito principal de agrupar os resultados desta sessão, porém armazena também a data da mesma, a quantidade de questões desta sessão (caso seja variável) e pode armazenar os pontos obtidos ao término.
- **datavis_sessao_fase_fixacao_item**: Registra as respostas do usuário a cada questão do *Quiz*, o seu registro é efetuado, quando o aluno submete a resposta. Armazena a identificação de qual questão foi respondida, se foi uma resposta correta, a qual sessão está vinculada, além do momento (data) em que foi efetuada a resposta.
- **questao_quiz**: Mantém cada uma das questões a serem sorteadas no jogo *Quiz*, está referenciada a partir de sua chave na tabela de item da etapa de fixação. A partir desta são carregadas as questões do jogo, contém o enunciado da questão, o assunto ao qual pertence, além das datas de inclusão e alteração (caso houver) para controle.

- resposta_quiz: Cada uma das possíveis respostas que são apresentadas ao aluno no momento do jogo *Quiz*, está vinculada a tabela de questões a partir da chave de código da questão. Armazena os valores de texto da resposta, tipo (se é resposta aberta ou não), qual alternativa representa, o assunto do conteúdo ao qual pertence, e se é a resposta correta ou não, além das datas de inclusão e alteração para controle.

Figura 5 – Diagrama ER da Base de Dados (Fase de Fixação do Conteúdo)



Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

5.3.2 Integração do Banco de Dados

Parte essencial do desenvolvimento da estrutura de dados refere-se a estratégia para relacionar as novas tabelas integrando-as ao sistema de controle já existente no ambiente que se está adaptando. Para o EA3D, os elementos principais a serem relacionados com as novas tabelas inseridas são os de identificação do usuário. Com a finalidade de não alterar a estrutura das tabelas de controle originais, optou-se por utilizar um meio de intermediar este vínculo, obtendo as relações necessárias através de uma tabela de ligação.

A estrutura presente no sistema ao qual se está anexando um método de captura de dados precisa ser adaptada, porém, de maneira que não impacte no seu funcionamento básico e no seu desempenho. Para isso, os *scripts Structured Query Language (SQL)* que efetuam as operações no BD são executados através de chamadas assíncronas utilizando o Ajax, para que em qualquer momento que o usuário efetue uma interação, seja disparada uma requisição de inserção desta interação no BD, armazenando os valores sem impactar na experiência do usuário e no funcionamento do sistema.

A estrutura final das tabelas é, então, vinculada através da tabela `datavis_user_stats`, resultando na disposição exibida nas Figura 5 e Figura 6. Esta tabela armazena a chave para identificação, a partir da tabela de usuário e é referenciada pelas tabelas de sessão. Esta também armazena as datas de criação do vínculo, processo que é realizado na primeira vez que o usuário acessa o sistema.

Figura 6 – Diagrama ER da Base de Dados (Integração do Banco de Dados)



Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

5.4 PROCESSAMENTO E VISUALIZAÇÃO

A etapa de visualização compreende a criação das visualizações a partir dos valores armazenados no BD e seus demais resultados calculados que podem ser de interesse do usuário, para as duas etapas (Apresentação e Fixação do Conteúdo) existentes na plataforma.

O desenvolvimento das visualizações de dados para a etapa de visualização do LAVis foi fundamentado nas etapas presentes no sistema EA3D, desta forma abordou-se os dados coletados referentes à suas etapas de apresentação e fixação do conteúdo.

As informações apresentadas para cada etapa foram definidas com base em como os dados são dispostos, com o intuito de aludir à sua estrutura na etapa de apresentação do conteúdo, visando facilitar a compreensão das visualizações quando apresentadas ao usuário. Na etapa de apresentação do conteúdo, a estrutura principal que define como os conteúdos são organizados é de natureza hierárquica, já que o sistema anatômico representado nela é organizado e apresentado ao usuário neste formato. Logo, a representação visual também deve se dar em forma hierárquica. Para tal, foi utilizada a técnica de visualização em árvore *TreeMap*, conforme será aprofundado na Seção 5.4.3.

Os valores gerados na etapa de fixação do conteúdo, por outro lado, são provenientes exclusivamente dos resultados obtidos pelo usuário no decorrer do jogo e tendem a ter significado semelhante a uma nota obtida em um teste ou avaliação formal. Originalmente, o sistema exibe para o usuário um *score* com os resultados de seu aproveitamento. Para o LAVis abordamos a sua visualização de forma a possibilitar a comparação destes valores através de visualização dos resultados em um gráfico de uso geral, com um gráfico de barras, porém interativo, exibindo informações adicionais relacionadas ao utilizador (em inglês, esta técnica é conhecida como *Tooltip*).

Valores numéricos foram utilizados para evidenciar quantidades para ambas as etapas, dispostos na tela principal do sistema de visualização e exibidas através da interação do usuário com as visualizações. A ideia é que o usuário tenha acesso em um único local, de uma forma interativa e integrada ao sistema, não somente às visualizações de dados, mas também a informações gerais sobre o uso do sistema, seu estudo e o seu aproveitamento, gerando *insights* individuais, bem como comparativos entre as duas etapas do aprendizado no ambiente.

5.4.1 Filtros Gerais

Para permitir ao usuário o controle ao acesso a informações sobre o conteúdo de uma forma mais intuitiva, foram implementados dois filtros exibidos na Figura 7 delimitando os valores exibidos no LAVis, permitindo o controle por usuário e por

período do conjunto de dados exibido.

Figura 7 – Filtros de acesso aos dados



Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

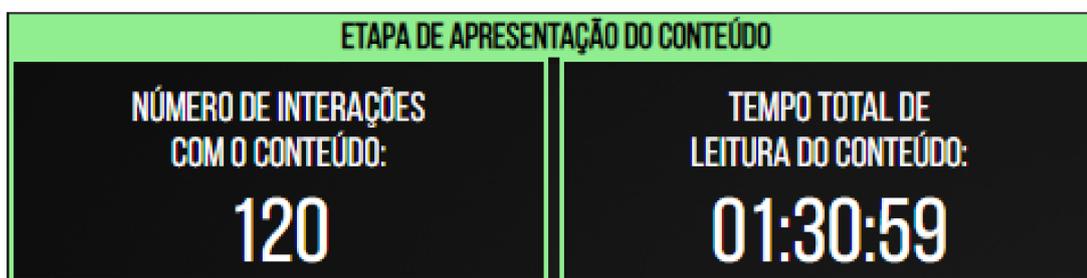
O filtro por usuários consiste em um elemento de seleção em lista, que permite ao usuário selecionar dentre os usuários existentes na plataforma ou visualizar dados sobre todos os usuários ao mesmo tempo. Para o estudo de caso efetuado como parte do trabalho atual, este filtro não foi atrelado a um controle de privacidade, exibindo os valores de quaisquer usuários cadastrados na plataforma, porém, em sua aplicação real, pode ser limitado a um grupo específico de usuários, como a sua sala, turma, ou somente individualizado. O filtro por período baseia-se no valor de data inicial, define o momento de registro da informação. O usuário seleciona a data inicial e a data final, fazendo com que todos os elementos de informação exibidos sejam atualizados para corresponder.

Ao executar qualquer alteração nos filtros, ocorre a atualização simultânea e instantaneamente de todas as visualizações e valores exibidos pelo LAVis. No momento da alteração de quaisquer destes valores, uma nova requisição de leitura dos dados é efetuada no BD, os valores são atualizados através de uma função única que centraliza toda a atualização de forma assíncrona utilizando o Ajax. Desta forma a utilização do LAVis pelo usuário não é interrompida até a resposta do servidor e a atualização dos elementos gráficos de informação.

5.4.2 Valores e Informações Textuais

Valores de totalização da Etapa de Apresentação do Conteúdo são exibidos em destaque de forma textual ao usuário. Para tal, dois valores foram alocados em uma área retangular (Figura 8) no quadrante superior do painel, contendo o Número de Interações Com O Conteúdo, bem como o Tempo Total De Leitura Do Conteúdo. Esta área retangular está posicionada acima da visualização de *TreeMap* e é atualizada simultaneamente, de acordo com a interação com as áreas do *TreeMap*. Para cada seleção de uma área anatômica, os valores são atualizados para apresentar a totalização dos valores da área selecionada.

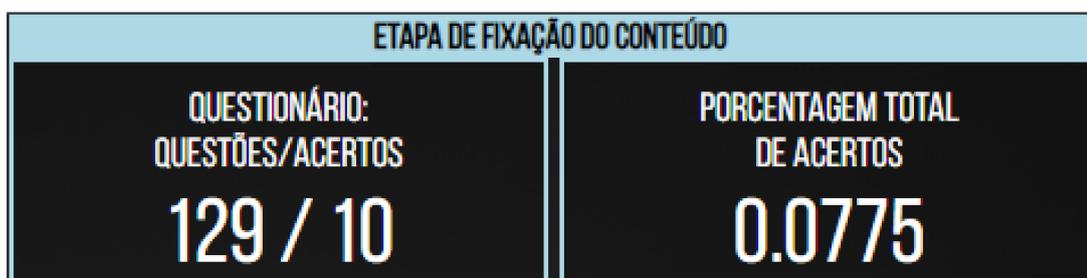
Figura 8 – Totais textuais da etapa de apresentação do conteúdo.



Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

Para os dados da etapa de fixação do conteúdo, paralelamente aos valores totalizados da etapa de apresentação do conteúdo, dois valores foram alocados em uma área retangular (Figura 9), no quadrante superior direito do painel, contendo a quantidade comparativa de questões respondidas contra os acertos efetuados, em conjunto com um fator Percentual Total de Acertos.

Figura 9 – Totais textuais da etapa de apresentação.



Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

5.4.3 Representações Visuais da Informação

A renderização dos elementos gráficos foi desenvolvida através da biblioteca JavaScript D3.js (BOSTOCK, 2021) e para a representação visual hierárquica foi utilizada uma estrutura de dados formatada de acordo.

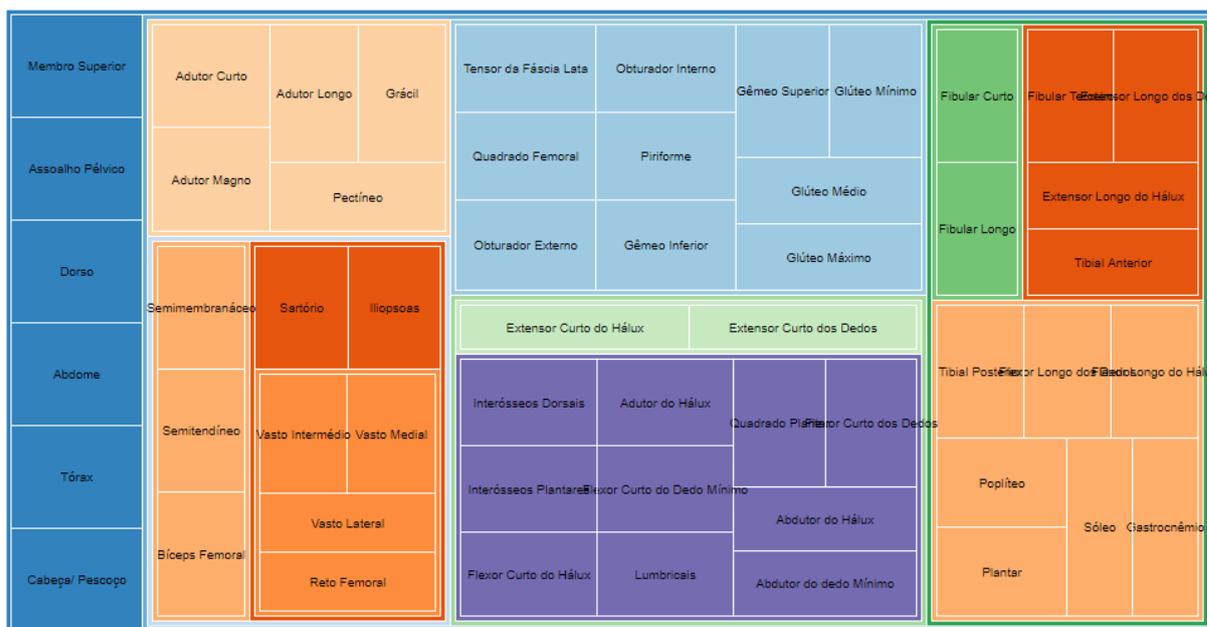
O algoritmo de *TreeMap* cria uma representação visual a partir de dados dispostos hierarquicamente, transformando dados dispostos em formato de árvore em um mapa plano com preenchimento de espaços (SHNEIDERMAN, 1992). Pode ser renderizado através de diversas formas geométricas. Originalmente proposta por Shneiderman (1992), esta visualização é criada a partir de retângulos aninhados, que contém outros retângulos subsequentes representando cada nodo da hierarquia. Os valores são, então, representados através do seu tamanho.

A implementação que foi integrada ao ambiente foi desenvolvida utilizando os métodos de criação de *TreeMap* retangular disponíveis na D3.js. Para possibilitar a funcionalidade de "zoom", que amplia cada nodo da hierarquia separadamente e sua barra superior de indicação de nível de hierarquia, baseou-se na implementação de "zoom" para *TreeMaps* disponibilizada pela comunidade do D3.js (GANESHV, 2021).

Conforme detalhado anteriormente, a tabela `datavis_sessao_fase_apres_item` armazena cada ocorrência de interação do usuário e armazena a estrutura hierárquica. As posições que cada item ocupa no *TreeMap* é armazenada através do registro de ancestralidade (ANCESTOR na tabela) para cada evento de interação, nesta mesma tabela.

A fase de apresentação do conteúdo visa representar em forma de mapeamento o uso da plataforma, através da visualização de *Árvore/TreeMap* (Figura 11), que dispõe o quanto o usuário interagiu com o conteúdo.

Figura 11 – Exemplo de um Treemap base, com valores iguais em sua hierarquia.

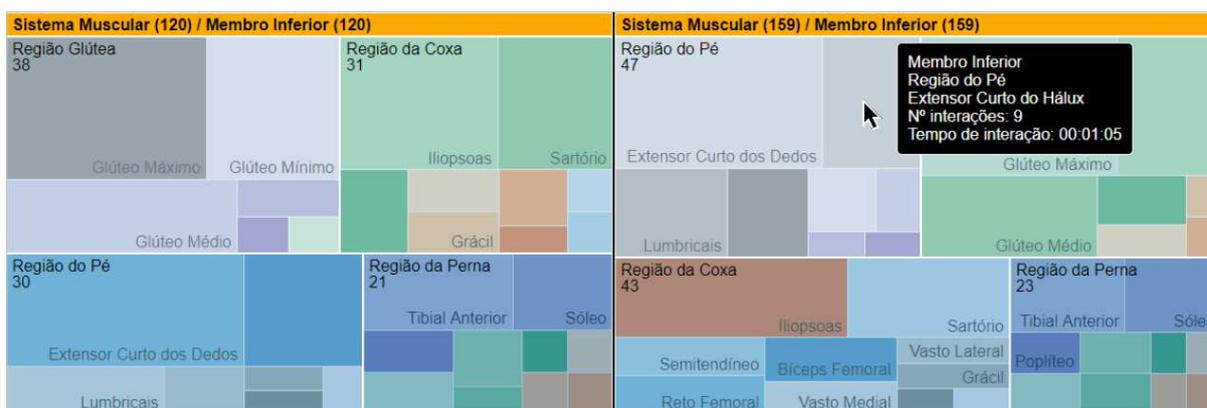


Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

A renderização da visualização é efetuada no momento em que é acessada através do menu, a função da D3.js que faz a interpretação dos valores de arquivos JSON, neste caso o faz diretamente através da invocação da classe que efetua a busca no BD via Ajax, que organiza e retorna os valores em JSON.

No momento em que o usuário realiza a atualização da visualização, uma busca no BD retorna todos os valores de interação que são convertidos para o formato JSON, este JSON é reorganizado tendo seus dados aninhados e retornados para o *script* da visualização efetuar a representação em tela (Figura 12) sempre quando necessário e respeitando todos os valores de interação (cliques e movimento do *mouse*) e filtros em tela.

Figura 12 – *Treemap* renderizado. / Interação via *Tooltip*.



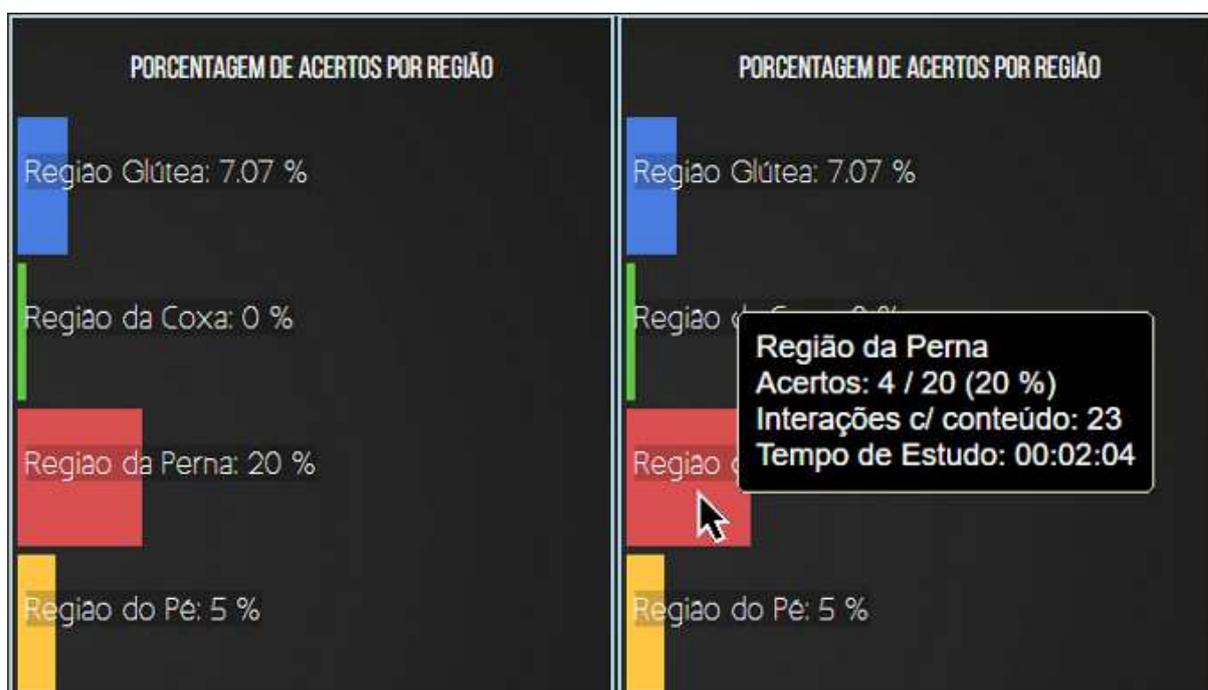
Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

A quantidade de informações que é possível exibir em uma visualização nem sempre é satisfatória e outros métodos são necessários para circunver limitações de espaço ou posicionamento dos elementos. Assim como para a visualização de *Árvore/TreeMap*, para o gráfico de aproveitamento da etapa de fixação, foram utilizados *Tooltips* na posição do cursor do *mouse* conforme a Figura 12, exibindo de forma mais detalhada os valores renderizados, bem como apresentando informações novas, possibilitando também a comparação entre estes dados.

Para a etapa de fixação do conteúdo os dados são apresentados através de uma visualização de uso geral (gráfico), conforme exibido na Figura 13. Para a representação de aproveitamento, comparações entre as seções (pontuação) e dados estatísticos. Esta visualização é baseada em um conjunto de dados com menor complexidade e para tal foi utilizado como base um dos exemplos disponibilizados pela comunidade da biblioteca D3.js.

Os valores apresentados na etapa de fixação são principalmente informações referentes a desempenho do usuário na execução do jogo, representando um valor que se assemelha ao aproveitamento em uma avaliação formal.

Figura 13 – Gráfico de barras / Interatividade com *Tooltips*.



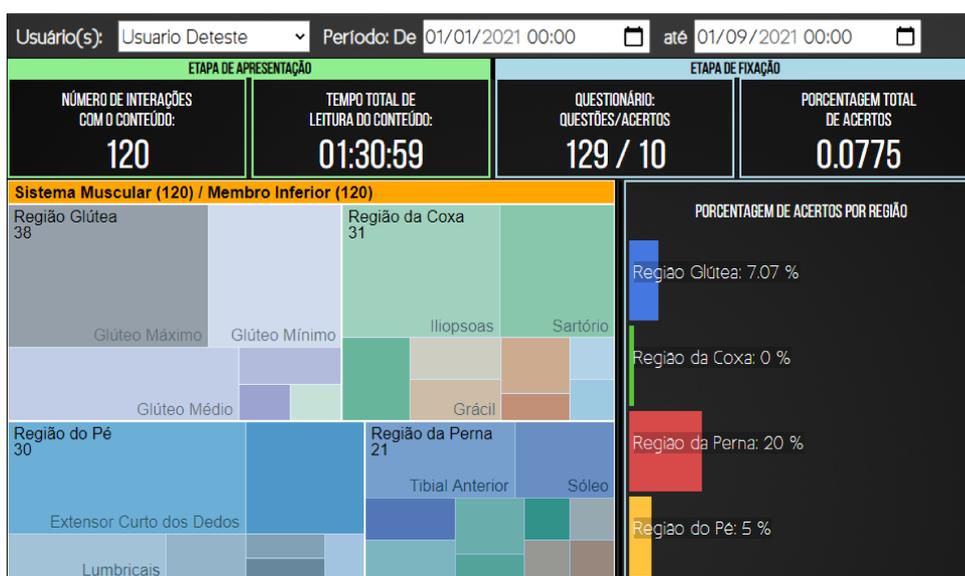
Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

A interatividade através de *Tooltips* também foi utilizada para evidenciar dados que não poderiam ser posicionados na área da visualização ou que precisassem ser mais detalhados. No caso deste *Tooltip*, temos os valores de acertos por região contra total respondido e, novamente, a valorização da porcentagem, interações com o conteúdo da região e o tempo total destas interações também restrito a esta região.

5.5 CONCLUSÃO

Buscou-se, então, o desenvolvimento de um painel que comportasse as informações capturadas e armazenadas durante a utilização por parte dos alunos, permitindo o acesso de forma simplificada e a representação de um conjunto de dados complexo, como é o caso dos dados hierárquicos exibidos no LAVis através do *TreeMap*, bem como a comparação de valores do conteúdo estudado na etapa de apresentação com os dados de desempenho no decorrer do jogo *Quiz* da etapa de fixação, chegando ao painel LAVis exibido em sua totalidade na Figura 14.

Figura 14 – Painel de informações educacionais LAVis.



Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

O fato de o *TreeMap* representar uma estrutura hierárquica complexa faz com que a combinação desta com outras visualizações e elementos de dados tornem-se ponto chave da implementação, visando a comparação das duas etapas do sistema. Para o melhor aproveitamento desta visualização, ela foi pareada com outras técnicas interativas ou visualizações.

Outras características que foram levadas em consideração foram quanto à usabilidade, tentando minimizar a necessidade de passos para que os valores fossem apresentados ao usuário. No caso do LAVis, os dados são retornados e exibidos instantaneamente no momento em que o usuário efetua o acesso ao LAVis a partir do menu inicial, sendo necessário somente a alteração dos filtros e a interação com as visualizações gráficas, sem necessitar a carga de dados externos, esperar qualquer carregamento ou atualização. Foi também efetuada a distribuição dos seus elementos de forma que o sistema seja plenamente visível em telas compactas com resoluções de tamanho HD (1280x720 *pixels*), permitindo a sua execução na grande maioria dos monitores de dispositivos de saída.

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

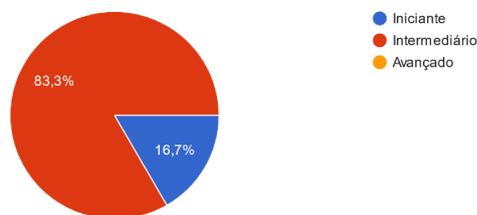
A seguir são apresentados os resultados da aplicação do estudo de caso. Para o estudo de caso, realizou-se uma avaliação de testes de usabilidade através do questionário baseado no modelo de aceitação de tecnologia TAM (Apêndice D).

6.1 PERFIL DOS USUÁRIOS

O estudo de caso foi realizado no período de 16 de junho a 06 de julho de 2021. Para o estudo foi enviado um convite de participação ao corpo docente e parte do corpo discente (monitores das respectivas disciplinas) dos cursos de Medicina e Fisioterapia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) do Campus Araranguá. Responderam a este convite 4 professores e 2 monitores de classe. Dos participantes, todos os usuários são do sexo feminino, com idades que variam entre 23 a 46 anos. Quando perguntado sobre a que nível de experiência com jogos Sérios/Ambientes virtuais interativos ou educacionais, as opções de respostas apresentadas variaram de iniciante, ou seja, que nunca utilizou jogos sérios ou ambientes virtuais interativos como ferramenta de estudo em sala de aula, passando por nível intermediário que diz respeito àqueles usuários que já tiveram algum contato com alguma ferramenta educacional, até o nível avançado, caracterizado por usuários que têm uma maior familiarização com essas ferramentas educacionais, ou seja, que já usam ou usaram em seu cotidiano.

Figura 15 – Gráfico de nível de experiência.

Nível de experiência com jogos Sérios/Ambientes virtuais interativos ou educacionais.
6 respostas



Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

De acordo com o gráfico na Figura 15, 83,3% dos participantes responderam que se encaixam no nível intermediário, já tendo algum conhecimento neste tipo de ambiente em seu trabalho ou atividade profissional, e apenas 1 respondeu se considerando iniciante, representando 16,7% dos usuários que participaram do estudo de caso. Desses participantes, 67% já conheciam o ambiente virtual interativo EA3D,

pois estes já haviam participado de experiências com o mesmo em outras situações e finalidades.

6.2 ESTUDO DE CASO

O objetivo do estudo foi avaliar a opinião da utilização do LAVis como uma ferramenta de apoio a docentes, a partir da opinião para acompanhamento do desempenho de seus alunos utilizando o EducaAnatomia3D.

O estudo de caso deu-se início no momento de envio do e-mail de convite, com um roteiro (Apêndice C) que consistiu em um passo a passo para realização de tarefas associadas ao estudo. Primeiramente, os usuários foram orientados a assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE Apêndices A e B) enviado em anexo e após dar início ao estudo com o acesso ao sistema através do link informado. Após isso, criar um login no sistema. Em seguida, os usuários foram orientados a acessar o sistema muscular, um dos sistemas presentes no EducaAnatomia3D, o qual foi selecionado para fazer parte dos testes no presente estudo de caso.

Após o acesso ao sistema muscular, os usuários foram orientados a acessar a etapa de apresentação do conteúdo por um tempo pré-determinado, ou seja, visualizando o conteúdo de cada um dos músculos, tanto por seleção direta nos objetos tridimensionais, bem como no menu lateral e demais interações que desejassem, por um período de 10 a 30 minutos. Após esse tempo, foram orientadas a acessar o botão jogar para serem direcionadas a etapa de fixação do conteúdo, ou seja, mediante a seleção de uma das regiões do sistema muscular foi apresentado um conjunto de dez questões para serem respondidas. Neste caso, os usuários foram orientados a responder pelo menos uma rodada por região do sistema muscular do membro inferior, em formato de um jogo do tipo *Quiz*.

Após ter concluído as fases de apresentação e fixação de conteúdo, o usuário foi orientado a retornar ao menu inicial e selecionar a opção de acesso ao LAVis para poder visualizar o painel com as informações e visualizações de desempenho, mediante as operações desempenhadas anteriormente. No roteiro, foi informado também as descrições de cada um dos elementos que compõem o painel LAVis. Caso desejassem os usuários poderiam retornar a qualquer momento ao conteúdo do sistema muscular ou ao jogo *Quiz* e gerar mais informações, conseqüentemente. Além do desempenho pessoal, os usuários puderam ver o desempenho de demais usuários do grupo, com o intuito de obter dados sobre quando este for aplicado em um caso real, haja a possibilidade de controle de privacidade ou subdivisão dos usuários e demonstrar também a possibilidade flexível de listar quaisquer quantidades de usuários.

Ao término da utilização do sistema, os usuários foram orientados a preencher o questionário TAM, com objetivo de informar sua experiência com a utilização do *software* como ferramenta de apoio ao acompanhamento de desempenho da turma/aluno.

6.3 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO

O questionário aplicado no estudo de caso teve como objetivo avaliar a aceitação do sistema LAVis, para isso o questionário foi desenvolvido baseado no Modelo de Aceitação de Tecnologia ou (TAM). Partiu-se do pressuposto de que utilizar e adaptar uma medida com base neste modelo possibilita identificar aspectos da aceitação de uma tecnologia ajudando na prevenção de situações que levam ao fracasso ou que leve ao uso efetivo dessa tecnologia após sua adoção (DAVIS, 1985).

Para o desenvolvimento do questionário, levou-se em consideração três dos fatores presentes no modelo TAM: a percepção de facilidade de uso (*PEU*), a percepção de utilidade (*Perceived Usefulness (PU)*) e a atitude em relação ao uso (*Attitude Towards Using (ATU)*). Foram desenvolvidas 16 questões distribuídas entre cada um destes fatores, onde o usuário teve a possibilidade de assinalar apenas uma de sete alternativas, de acordo com a escala *Likert* de 7 pontos (onde 1 representa “discordo totalmente” e 7 “concordo plenamente”) para mensurar os itens avaliados.

6.3.1 Resultados Quantitativos

O primeiro fator do modelo TAM analisado, foi o PEU. Este fator procura analisar a opinião dos usuários referente ao quão fácil é a utilização do LAVis. De acordo com Davis (1985), refere-se ao grau em que uma pessoa acredita que o uso de um sistema em particular estaria livre de esforço. As questões desenvolvidas referentes ao fator PEU, bem como a média resultante obtida em cada questão, são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Questões sobre Fator PEU.

<i>Perceived Ease of Use/Percepção de facilidade de Uso (PEU)</i>		Média
1	A forma com que o LAVis apresentou as visualizações permitiu fácil compreensão das informações.	6,7
2	O LAVis apresentou visualizações de dados e informações de fácil compreensão sobre a etapa de apresentação do conteúdo.	6,7
3	O LAVis apresentou visualizações de dados e informações de fácil compreensão sobre a etapa de fixação do conteúdo.	6,7
4	O LAVis mostra de forma clara qual é a origem das informações por ele exibidas (se são da etapa de apresentação ou de fixação do conteúdo).	6,2
5	O LAVis facilita a comparação de dados de ambas as etapas (apresentação e fixação do conteúdo) de utilização do Sistema Muscular do EducaAnatomia3D.	6,7

Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

A partir do Quadro 2 é possível analisar, através das 5 questões criadas para esse fator, o quanto os usuários acharam que o LAVis é de fácil utilização. A menor média atribuída foi para a questão 4 (Quadro 2), mostrando-se como uma possibilidade de melhorias no que diz respeito à origem das informações exibidas. As demais questões obtiveram uma média, em cada uma, de 6,7, representando 95,2% de média, demonstrando o quanto os usuários acharam as visualizações do sistema de fácil compreensão nas duas etapas (apresentação e fixação do conteúdo). Considerando que a pontuação máxima é 7,0, todas as questões apresentaram valores médios.

O segundo fator analisado diz respeito ao quanto o LAVis cumpre a sua proposta, ou seja, o PU. Este fator está associado ao “grau em que cada pessoa acredita que o uso de um sistema em particular poderia aumentar seu desempenho de trabalho” (DAVIS, 1985). As questões desenvolvidas referentes ao fator PU, bem como às médias deste fator, são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Questões sobre Fator PU.

<i>Perceived Usefulness/Percepção de Utilidade (PU)</i>		Média
1	O LAVis serviu como forma de acompanhar os dados de aprendizado.	6,5
2	O LAVis possibilitou a comparação entre as informações das duas etapas (apresentação e fixação do conteúdo).	6,5
3	Através do LAVis é possível acompanhar informações para análise do desempenho dos alunos.	6,7
4	As informações exibidas através do LAVis são suficientes para o acompanhamento de desempenho dos alunos.	5,7
5	O LAVis permite o melhor entendimento sobre o desempenho durante o uso do EducaAnatomia3D.	6,3
6	Através do acompanhamento de desempenho efetuado no LAVis é possível traçar metas de estudo personalizadas.	6,3

Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

A partir das médias apresentadas no Quadro 3, é possível analisar o quanto o LAVis cumpre a sua proposta. Neste quesito, a maior média foi da questão 3 que afirma “Através do LAVis é possível acompanhar informações para análise do desempenho dos alunos.”, com média de 6,7, isso pelo fato de o sistema facilitar o acompanhamento através das visualizações a respeito do quanto o usuário estudou (Apresentação do Conteúdo) em relação a pontuação que o aluno obteve na fixação do conteúdo. A menor média foi na questão 4 “As informações exibidas através do LAVis são suficientes para o acompanhamento de desempenho dos alunos”. A nota 5,7 se deu pelo fato de um usuário monitor ter concedido uma nota relativamente baixa (2,0), podendo esse valor ter sido atribuído, pelo fato de que, do ponto de vista de aluno/monitor, poderiam haver mais informações para seu acompanhamento pessoal. Do ponto de vista dos

usuários professores, os valores atribuídos a essa questão mantiveram-se acima, com média de 6,0 pontos. Desta forma, observa-se a necessidade de implementar no sistema LAVis mais informações voltadas especificamente ao aluno. Apesar da questão 4 ter obtido nota inferior a 6,0, a média final deste fator manteve-se em 6,3 considerando que 7,0 é a nota máxima. Demonstra-se, assim, que de forma geral o sistema LAVis pode possibilitar aumento em seu desempenho de trabalho.

O terceiro fator analisado foi o ATU que, através das questões, procurou analisar a opinião dos usuários em relação ao quanto o LAVis serve para o meu propósito e que de acordo com Davis (1986) diz respeito ao “grau individual de avaliação que vai influenciar a intenção de comportamento”. As questões e médias referentes a este fator são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Questões sobre Fator ATU.

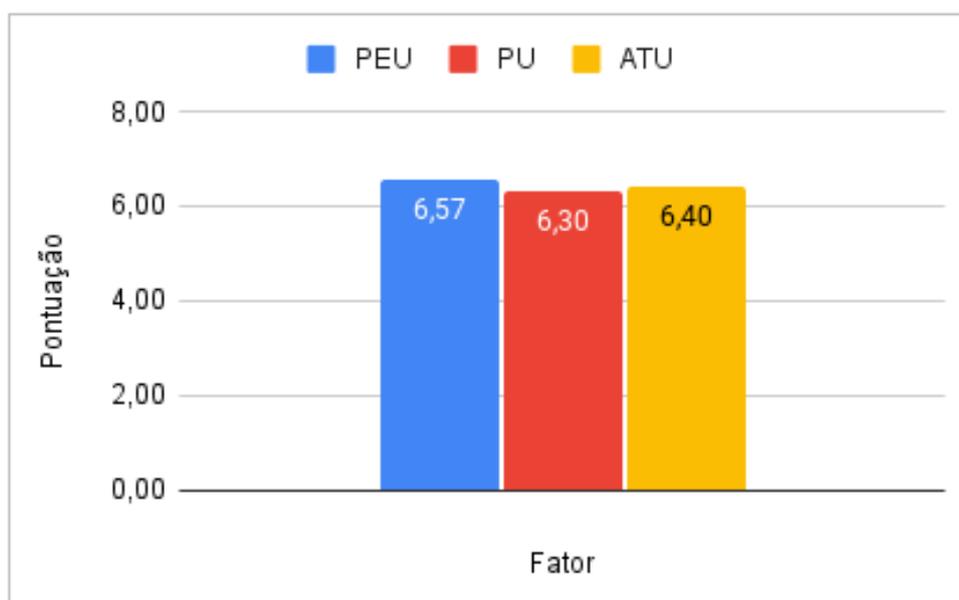
Attitude Towards Using/Atitude em Relação ao Uso (ATU)		Média
1	Interagir com o LAVis é uma experiência satisfatória.	6,3
2	Utilizar o LAVis para acompanhar o estudo dos conteúdos é benéfico para o meu desempenho.	6,7
3	Acompanhar o desempenho da turma através do LAVis é satisfatório.	6,2
4	Comparar informações de aprendizado das duas etapas (apresentação e fixação do conteúdo) é benéfico ao aluno/professor.	6,7
5	Os dados apresentados no Lavis são satisfatórios.	6,2

Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

Os dados presentes no Quadro 4 mostram a opinião dos usuários em relação a atitude em relação ao seu uso. Neste fator, as questões 3 e 5 obtiveram a menor média, com 88% de aceitação. Na questão 1, obteve-se média de 90,5% e nas questões 2 a 4 obteve-se as maiores médias, com 95% de aceitação. Considerando que a pontuação máxima é 7,0, tem-se um valor que demonstra que o LAVis proporciona ao usuário a funcionalidade de acordo com a intenção do usuário para com o seu emprego, já que procura apresentar de forma visual resultados de estudos obtidos durante a utilização do EducaAnatomia3D.

O gráfico na Figura 16 apresenta os resultados obtidos em cada um dos fatores analisados.

Figura 16 – Gráfico de questões sobre Fator ATU.



Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

De acordo com o gráfico na Figura 16, pôde-se perceber uma pontuação satisfatória em cada um dos fatores analisados. O fator com maior média foi o PEU com média de 6,57, representando 93,8% de aceitação. Isso quer dizer que os usuários acharam que o sistema LAVis demanda muito pouco esforço na sua utilização, apresentando-se assim como um sistema de fácil utilização. No fator ATU com 91,4%, ou seja, 6,4 de média de aceitabilidade, seguida pelo fator PU que questiona o quanto o LAVis cumpre ao seu propósito, a média obtida foi de 90% de aceitação. De modo geral, o sistema LAVis é considerado satisfatório para com os seus objetivos (os que foram inferidos neste estudo de caso), pelo fato da aproximação à pontuação máxima 7,0.

6.3.2 Resultado Qualitativo

Além disso, três questões discursivas foram incluídas no questionário, a fim de avaliar vantagens, desvantagens e sugestões de melhorias que os usuários observaram durante a aplicação do estudo de caso. As observações apontadas e as questões são apresentadas a seguir:

- Questão 17: Na sua opinião quais são os principais benefícios ou vantagens de se utilizar o LAVis?
- Questão 18: Na sua opinião quais são as principais dificuldades ou desvantagens de se utilizar o LAVis?
- Questão 19: Quais são as suas sugestões de melhoria para o LAVis? Descreva, se houver, suas sugestões.

Dentre as respostas obtidas quanto aos principais benefícios com a utilização do LAVis (Questão 17), destaca-se a possibilidade do retorno imediato de um quantificador de desempenho voltado ao estudante, podendo avaliar qual a área a ser estudada e reforçar o conteúdo. Também foi descrito como uma ferramenta tecnológica, que permite que o aluno estude em casa sem precisar ir até a biblioteca (Ferramenta lúdica, permitindo que o aluno aprenda brincando) e que fornece um *feedback* que pode auxiliar na melhoria do aprendizado. Outro destaque foi a respeito da possibilidade de o LAVis permitir o acesso aos dados de maneira visual, principalmente por otimizar o trabalho do professor. Ter acesso ao desempenho de maneira individualizada de cada aluno, bem como da turma, pode ser interessante para que o professor saiba quais são os alunos com mais dificuldade ou até o assunto que os alunos não estejam assimilando bem.

Quanto às dificuldades e desvantagens (Questão 18), um dos entrevistados informou que ao interagir através do mouse sobre os itens, a interatividade que foi desenvolvida através de *Tooltip* tende a atrapalhar a visualização, já que esta é posicionada de acordo com o movimento do cursor do mouse, sobrepondo outros elementos na visualização portanto, devido a restrições de espaço, esta abordagem pode ter um fator de impacto negativo. Outro usuário ressaltou uma certa confusão em relação a visualização *Treemap* pelo fato deste mostrar apenas os dados gerais da etapa de apresentação do conteúdo, sugerindo que os dados da etapa de fixação do conteúdo também sejam exibidos nele. Por fim, um usuário destacou que se sentiu confuso em relação às porcentagens de acertos, esta poderia ser exibida com o símbolo (%) também.

Como sugestões futuras (Questão 19), foram destacadas algumas situações referentes a erros gramaticais provenientes da própria plataforma, não correlacionado

com o LAVis, objeto do presente estudo de caso. Outra sugestão diz respeito a encontrar uma forma de comparar visualmente mais informações nas duas etapas, pois isso possibilitaria ao professor ter mais dados sobre o desempenho dos alunos em cada assunto.

Desta forma, nas questões discursivas, segundo a opinião dos usuários envolvidos no estudo de caso, houve um maior levantamento de pontos positivos e vantagens. Poucas desvantagens para os fatores avaliados, sendo as desvantagens apresentadas de simples resolução ou de menor impacto. Além de serem levantadas sugestões de grande importância para a melhoria do sistema LAVis, porém sem afetar a qualidade do mesmo, demonstrando assim a aceitabilidade que o questionário TAM aplicado, procurou analisar.

6.4 AVALIAÇÃO DE CONFIABILIDADE

A confiabilidade de um instrumento de medida tem diferentes aspectos. Existem, pois, diferentes estatísticas para estimar confiabilidade, cada qual avaliando um aspecto da conformidade do instrumento. Nas áreas de ciências sociais, em que são feitos testes e questionários, também se define: consistência interna de um teste ou um questionário é a extensão em que os itens que o compõem medem o mesmo conceito ou construto. A consistência interna é, portanto, uma das quatro classes de estimativas de confiabilidade, sendo específica para testes e questionários.

Neste sentido, um questionário devidamente elaborado deve levar em consideração dois aspectos muito importantes: sua validade e sua confiabilidade, pensando nisso, Lee J. Cronbach desenvolveu o coeficiente alfa em 1951, que consiste em um índice utilizado para medir a confiabilidade do tipo consistência interna de uma escala, com objetivo de avaliar a magnitude em que os itens de um instrumento estão correlacionados (CORTINA, 1993).

Sendo assim, o trabalho efetuou o cálculo do coeficiente de Alfa de Cronbach com o objetivo de determinar o grau de confiabilidade das respostas obtidas através do questionário de satisfação aplicado no estudo de caso. O cálculo do Alfa de Cronbach considera a variância atribuível aos sujeitos e a interação entre sujeitos e itens, de acordo com a equação:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right] \quad (1)$$

α : Alfa de Cronbach;

K: Número de questões presente no questionário de satisfação;

V_i : Variância de cada questão;

V_t : Variância total das questões.

Para realizar a estimativa do Alfa de Cronbach, considera-se uma matriz n x k que corresponde às respostas quantificadas de um questionário. Cada linha x representa um sujeito e cada coluna representa uma questão. Para isso, foram utilizados valores obtidos com o questionário modelo TAM (Apêndice A) aplicado no estudo de caso. De acordo com a equação (1) o valor de k corresponde ao número de questões presentes no questionário, ou seja, o valor 16 (ITEM) e o ID representa o número de identificação do usuário, sendo que participaram do estudo de caso 4 docentes e 2 estudantes monitores, somando-se, assim, 6 participantes (ID). Os valores de resposta do usuário correspondem ao valor na escala de Likert, que variam de Discordo Totalmente (1) a Concordo Plenamente (7). A Tabela 3 mostra as respostas dos usuários.

Tabela 3 – Respostas do questionário de satisfação.

ITEM(k)																	
ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	S.ID
1	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	111
2	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	112
3	6	6	6	6	6	5	6	5	5	5	4	5	5	5	5	4	84
4	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	7	7	109
5	6	6	6	4	7	6	6	7	6	6	6	7	7	7	7	6	100
6	7	7	7	7	6	7	6	7	2	6	7	6	7	6	7	6	101
V	0,2	0,2	0,2	1,1	0,2	0,6	0,3	0,6	3,2	0,6	1,3	0,6	0,6	0,8	0,6	1,2	92,47

Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

Para chegar ao Alfa de Cronbach primeiramente calculou-se a o var.p (variância da população inteira), ou seja, de todos usuários em cada uma das questões (V), em seguida fez-se a soma dessas variâncias para obter o valor de V_i . Também se fez a soma de todas as respostas de cada ID (S. ID) e obteve-se o v_t com a soma da

variância total de todas as questões. O Alfa de Cronbach foi calculado através de uma planilha com a equação (1). Os resultados são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Variáveis e seus valores.

Variável	Valor
k	16
v_i	12,03
v_t	92,47
<i>Alfa de Cronbach</i>	0,928

Fonte – Elaborado pelo autor (2021).

Para comparar os valores, foi utilizado o *software* da IBM, o SPSS Statistics® (IBM, 2021). Após chegar-se ao valor do Alfa de Cronbach, foi feita uma análise dos valores, para isso o Quadro 6 apresenta os valores considerados para o Alfa de Cronbach segundo a literatura:

Quadro 6 – Consistência Interna dos questionários segundo o valor de alfa.

Valor de alfa	Consistência interna
Maior do que 0,80	Quase perfeito
De 0,80 a 0,61	Substancial
De 0,60 a 0,41	Moderado
De 0,40 a 0,21	Razoável
Menor do que 0,21	Pequeno

Fonte – Adaptado de Landis e Koch (1977).

Ao aplicar a equação do Alfa de Cronbach, chegou-se ao resultado de alfa = 0,928, neste caso, considerando que os valores acima de 0,80 tem-se uma consistência interna quase perfeita, concluiu-se que os resultados obtidos com a avaliação de satisfação dos usuários são confiáveis.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS RESULTADOS

Baseado nos resultados obtidos através do estudo de caso, pôde-se verificar que para que um sistema seja avaliado e aceito pela comunidade científica é imprescindível que haja a opinião dos usuários, pois são eles que fornecem dados de uso reais, reforçando a opinião do quanto aceitável é o sistema para a utilização e contribuição em seu conhecimento do assunto, como as melhorias que devem existir para que este fique o mais adequado possível para utilização em sala de aula.

Quanto ao *feedback* dos professores, é de grande importância pois, dependendo da aceitabilidade do sistema, estes poderão utilizá-lo em sala de aula para monitoramento de desempenho de suas turmas, bem como uma forma de traçar metas de estudos para alunos em particular, dependendo de seu desempenho em determinado assunto/conteúdo.

De forma geral, os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios no que a pesquisa se propôs, visível tanto pelas questões de múltipla escolha que consideraram a escala máxima de 7 pontos, onde considerando o fator PEU a média das questões resultou em 6,57, já no fator ATU a média resultou em 6,4 e por fim, a média considerando o fator PU resultou em 6,3. Assim obteve-se a média total em cada fator acima de 6,0 pontos. Como também resultou visível através de questões discursivas, que na maioria das respostas apontaram mais benefícios e vantagens do que desvantagens. Por fim, o Alfa de Cronbach com valor de 0,928 demonstrou a confiabilidade do método através do questionário aplicado no estudo de caso.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo pontua sobre as considerações finais, as conclusões do trabalho e seus possíveis trabalhos futuros.

7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou uma experiência de integração de um sistema de análise visual de aprendizado a um ambiente virtual de aprendizado, possibilitado pelo desenvolvimento de um sistema que utiliza tecnologias *Web* para representar informações de forma visual a alunos e professores, usuários do ambiente EducaAnatomia3D.

O fator motivador deste trabalho nasceu do resultado da busca que resultou na revisão sistemática da literatura. Nesta, foi efetuada a busca por trabalhos relacionados à utilização de representações visuais de dados, no formato de grafos e redes, para a identificação de padrões sociais em dados gerados no âmbito de ensino/aprendizagem. E desta foi concluído que, apesar de diversas técnicas e ferramentas contribuírem para a representação de dados, - não somente de ligações sociais no âmbito educacional - poucas o faziam de forma integrada à plataforma, sendo necessário um conhecimento adicional sobre estas técnicas e ferramentas, dificultando o acesso aos discentes e também docentes às análises de dados geradas nos seus respectivos ambientes virtuais de aprendizagem.

Desta forma, tornou-se o foco do trabalho, abordar este fato e modelar um meio de possibilitar a análise visual de maneira integrada e interativa ao ambiente, em benefício dos alunos, visando a obtenção de informações sobre a sua performance de aprendizado. Bem como aos professores para acompanhamento destes alunos, na própria plataforma, sem a necessidade de ferramentas ou auxílio externo.

Foi, então, efetuado o planejamento através da análise da plataforma EducaAnatomia3D, e se chegou às três etapas para obtenção do objetivo supracitado. Primeiro é necessário adaptar o sistema para a captura de dados, elencando suas etapas principais, então as suas seções que agrupam os valores unitários de dados que se pretende analisar. Logo, também é preciso adaptar a metodologia de armazenamento do sistema para que comporte os dados advindos da captura. Posteriormente desenvolver as visualizações de acordo com os dados capturados. Esta integração ao EducaAnatomia3D foi nomeada LAVis (do inglês *Learning Analytics VISualization*).

Esta primeira etapa de coleta dos dados para o EducaAnatomia3D foi desenvolvida a partir da inclusão de métodos para efetuar o registro de dados de forma assíncrona ao funcionamento do sistema, sem alterar as características do seu funcionamento, capturando as interações do usuário na etapa de apresentação e os resultados obtidos na etapa de fixação. Foram utilizadas chamadas através do Ajax,

em cada instante que gere informação relevante à posterior análise, nas duas etapas do sistema EducaAnatomia3D: Apresentação e Fixação do conteúdo.

As chamadas para coleta executam inserções no armazenamento de dados do sistema. Este, por sua vez, foi planejado de forma a não alterar a estrutura já presente no sistema, porém utilizando quaisquer informações que sejam úteis, advindas do mesmo. No caso do EducaAnatomia3D a sua estrutura de dados já existente de identificação e controle de usuários foi aproveitada, integrando os usuários através de uma tabela de ligação, permitindo a vinculação direta do usuário aos dados gerados.

A estrutura de armazenamento de dados criada para o LAVis contemplou separadamente as duas etapas do sistema, sendo subdivididas de acordo com as ocorrências de geração dos dados (sessões de estudo ou do jogo *Quiz*).

Os dados foram armazenados mantendo as suas características estruturais, para a etapa de apresentação que se dá através de uma hierarquia. As ligações de cada região anatômica foram mantidas e a representação visual realçou estas características ao representá-las através de uma visualização de árvore (*TreeMap*). Da mesma forma, os dados gerados na etapa de fixação foram dispostos no painel LAVis, evidenciando o aproveitamento dos conteúdos para com a performance no jogo *Quiz* de cada uma das regiões anatômicas estudadas.

Para avaliar o sistema proposto, foi efetuado um estudo de caso, pelo compartilhamento de acesso ao sistema com docentes e monitores na área de Anatomia Humana. Também foi enviado um questionário baseado no modelo TAM, tendo como objetivo avaliar a aplicabilidade da integração proposta e obter contribuições dos especialistas na verificação do quanto esta seria capaz de auxiliar tanto o discente como o docente no processo educacional, bem como na identificação de possíveis deficiências para o sistema proposto. O questionário aplicado foi avaliado através do método de medição de Alfa de Cronbach, sendo que atingiu valor satisfatório de 0,928, concluindo que os valores obtidos nas respostas são confiáveis.

A integração de visualizações possibilitou então a análise de informações de maneira satisfatória, através de algoritmos para visualização da informação interativos, que apesar de baseados em conjuntos de dados complexos ou de quantidades extensas, se fazem acessíveis quando em formato visual e corretamente processados.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

Na etapa do projeto percebeu-se que a premissa da busca que considerava a abordagem de redes sociais analisada inicialmente na revisão sistemática da literatura, teve que ser postergada, ante a evidenciação da necessidade de integração de técnicas de análise, que foi percebida mediante esta mesma análise. Portanto, esta permanece como a principal indicação de trabalho futuro, o de integrar a análise de dados advindos não somente das interações com os elementos do sistema, mas também

as interações entre os indivíduos participantes do processo de ensino na plataforma.

No momento do desenvolvimento, percebeu-se que o modelo implementado no presente projeto pode ser evoluído com o intuito de permitir a personalização dos seus elementos. Para tal, seriam necessários elementos de controle para que os usuários efetuassem suas escolhas para quais dados ele deseja visualizar ou como a disposição dos elementos visuais se dá no painel de informações. A implementação utilizou tecnologias que efetuam a recuperação dos dados também de forma assíncrona, isto possibilita que o acesso às visualizações possa ser efetuado de forma dinâmica e em tempo real indiferente da tela do sistema, podendo levar ao desenvolvimento desta em formato de um *dashboard* educacional.

Quanto às sugestões recebidas no estudo de caso, percebeu-se alguns fatores negativos com relação à interface gráfica, levantados quanto à disposição dos elementos gráficos em tela. Considerando tal fato, percebe-se a necessidade de um trabalho voltado à análise de interface para este tipo de integração, especialmente quando temos grande quantidade de elementos em tela, especialmente elementos interativos e com níveis maiores de complexidade. Também, percebeu-se que além da visualização da informação de dados hierárquicos da fase de apresentação do conteúdo, outros tipos de visualizações da informação devem ser adicionados no sistema proposto para permitir que os usuários realizem análise dos dados sob diferentes tipos de visões. Por exemplo, visualização da informação de dados hierárquicos da fase de fixação do conteúdo e visualização da informação de dados hierárquicos por turmas de Anatomia Humana para as fases de apresentação e fixação do conteúdo.

Por fim, realçamos a importância da realização de outros estudos de caso, aplicados com usuários discentes e, também, em caráter prático real em turmas de disciplinas das quais caiba o seu uso.

7.3 AGRADECIMENTO

"O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - FAPESC".

REFERÊNCIAS

- ALVES, Ânderson Pinto. **Um Modelo De Análise Visual De Dados De Energia Para Edifícios E Cidades Inteligentes**. 2020. Diss. (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- BADGE, Joanne L; SAUNDERS, Neil FW; CANN, Alan J. **Beyond Marks: New Tools To Visualise Student Engagement Via Social Networks**. *Research in Learning Technology*, v. 20, 2012.
- BATISTA, Arthur V; LEMOS, RR; RUDOLPH, Cristiane M; BUENO, Bruna S; FIUZA, PJ. **A Web3D serious game for human anatomy education**. *In: PROCEEDINGS of the XXV Cycle of Lectures on New Technologies in Education (CINTED 2017) at the XXIII Brazilian Symposium on Multimedia Systems*. [S.l.]: Interdisciplinary Center of New Technologies in Education Porto Alegre, Brazil, 2017. P. 17–20.
- BECCIANI, Ugo *et al.* **Science Gateway Technologies For The Astrophysics Community. Concurrency and Computation: Practice and Experience**, Wiley Online Library, v. 27, n. 2, p. 306–327, 2015.
- BORBA, Eduardo José de; GASPARINI, Isabela. **O Uso Da Trajetória De Aprendizagem Do Aluno Em Ambientes Virtuais De Aprendizagem**. *RENOTE*, v. 13, n. 1, 2015.
- BOSTOCK, Mike. **D3js.org**, URL: <http://d3js.org/>. Accessed, 2021.
- BRASIL, Pedrina; MEDEIROS, Tainá Jesus; NUNES, Isabel Dillmann; ENGENHARIAS, Escolas de. **Uma Revisão Sistemática Sobre O Uso De Learning Analytics Em Ambientes Virtuais De Aprendizagem Brasileiros**. *In: CTRL+ E Congresso sobre Tecnologias Educacionais*, Fortaleza-CE. [S.l.: s.n.], 2018.
- CARDOSO, Frederico; OTSUKA, Joice; TOSTA, Miguel Sousa; BEDER, Delano. **Estudo Sobre Dados Relevantes Para O Acompanhamento De Participações Em Jogos Educacionais**. *In: 1. BRAZILIAN Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2019. P. 922.

CHANG, Victor. **An Overview, Examples, And Impacts Offered By Emerging Services And Analytics In Cloud Computing Virtual Reality.** *Neural Computing and Applications*, Springer, v. 29, n. 5, p. 1243–1256, 2018.

CHEN, Gaowei. **A Visual Learning Analytics (vla) Approach To Video-based Teacher Professional Development: Impact On Teachers' Beliefs, Self-efficacy, And Classroom Talk Practice.** *Computers & Education*, Elsevier, v. 144, p. 103670, 2020.

CONDE, Miguel á; GARCÍA-PEÑALVO, Francisco J; GÓMEZ-AGUILAR, Diego A; THERON, Roberto. **Visual Learning Analytics Techniques Applied In Software Engineering Subjects.** *In: IEEE. 2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings.* [S.l.: s.n.], 2014. P. 1–9.

CORTINA, Jose M. **What Is Coefficient Alpha? An Examination Of Theory And Applications.** *Journal of applied psychology*, American Psychological Association, v. 78, n. 1, p. 98, 1993.

DA SILVA, Robson Santos; SPANHOL, Fernando José; DE SOUZA, Márcio Vieira. **Do Hipertexto Aos Ambientes Virtuais Interativos: Aprendizagem Por Meios Digitais.** *Educação, aprendizagem e tecnologias: relações pedagógicas e interdisciplinares*, Pimenta Cultural, p. 89, 2020.

DAVIS, Fred D. **A Technology Acceptance Model For Empirically Testing New End-user Information Systems: Theory And Results.** 1985. Tese (Doutorado) – Massachusetts Institute of Technology.

DOURADO, Raphael; RODRIGUES, Rodrigo; FERREIRA, Nivan; GOMES, Alex. **Mapeamento Sistemático Sobre O Uso De Visualização De Dados Para Análise Processual Da Aprendizagem Em Ambientes Virtuais.** *In: 1. BRAZILIAN Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE).* [S.l.: s.n.], 2018. P. 1563.

ECHEVERRIA, Vanessa; MARTINEZ-MALDONADO, Roberto; SHUM, Simon Buckingham; CHILUIZA, Katherine; GRANDA, Roger; CONATI, Cristina. **Exploratory Versus Explanatory Visual Learning Analytics: Driving Teachers' Attention Through Educational Data Storytelling.** *Journal of Learning Analytics*, v. 5, n. 3, p. 72–97, 2018.

FILATRO, Andrea. **Learning Analytics: Análise E Desempenho Do Ensino E Aprendizagem**. [S.l.]: Senac, 2019.

FREIRE, Patrícia de Sá. **Aumente A Qualidade E Quantidade De Suas Publicações Científicas: Manual Para Elaboração De Projetos E Artigos Científicos**. Curitiba: Crv, 2013.

GANESHV. **Zoomable Treemap**, URL: <https://gist.github.com/ganeshv/6a8e9ada3ab7f2d88022>. Accessed, 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa**. In: COMO elaborar projetos de pesquisa. [S.l.: s.n.], 2010.

HANDEL, Dinah; HOCHMAN, Jessica; SANTORO, Doris. **Visualizing Teacher Tweets: Finding Professional Learning Networks In Topical Networks**. **Proceedings of the Association for Information Science and Technology**, Wiley Online Library, v. 52, n. 1, p. 1–3, 2015.

HERNÁNDEZ GARCÍA, ángel; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Inés; JIMÉNEZ ZARCO, Ana Isabel; CHAPARRO PELÁEZ, Julián. **Visualizations Of Online Course Interactions For Social Network Learning Analytics**. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2016.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, ángel; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, Inés; JIMÉNEZ-ZARCO, Ana Isabel; CHAPARRO-PELÁEZ, Julián. **Applying Social Learning Analytics To Message Boards In Online Distance Learning: A Case Study**. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 47, p. 68–80, 2015.

HILLAIRE, Garron Edward; SCHLICHTMANN, Gabrielle; DUCHARME, Kim. **Prototyping Visual Learning Analytics Guided By An Educational Theory Informed Goal**. *Journal of Learning Analytics*, v. 3, n. 3, p. 115–142, 2016.

JÚNIOR, Maurício Vieira Dias; MERCADO, Luís Paulo. **Ações Docentes Nos Ambientes Virtuais De Aprendizagem Proporcionadas Pelas Ferramentas De Learning Analytics**. *Revista Iberoamericana de Educación*, v. 80, n. 1, p. 117–137, 2019.

KARIMI, Faezeh; MATOUS, Petr. **Mapping Diversity And Inclusion In Student Societies: A Social Network Perspective**. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 88, p. 184–194, 2018.

LANDIS, J Richard; KOCH, Gary G. **The Measurement Of Observer Agreement For Categorical Data**. *Biometrics*, JSTOR, p. 159–174, 1977.

LAVALLE, Steve; LESSER, Eric; SHOCKLEY, Rebecca; HOPKINS, Michael S; KRUSCHWITZ, Nina. **Big Data, Analytics And The Path From Insights To Value**. *MIT sloan management review*, v. 52, n. 2, p. 21–32, 2011.

LEMOS, Robson R; RUDOLPH, Cristiane Meneghelli; BATISTA, Arthur V; CONCEIÇÃO, Karolini R; PEREIRA, Poliana F; BUENO, Bruna S; FIUZA, Patricia J; MANSUR, Samira S. **Design Of A Web3d Serious Game For Human Anatomy Education: A Web3d Game For Human Anatomy Education**. *In: HANDBOOK of research on immersive digital games in educational environments*. [S.l.]: IGI Global, 2019. P. 586–611.

LORIGO, Lori; PELLACINI, Fabio. **Frequency And Structure Of Long Distance Scholarly Collaborations In A Physics Community**. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Wiley Online Library, v. 58, n. 10, p. 1497–1502, 2007.

MORAN, Andrew *et al.* **Improving Big Data Visual Analytics With Interactive Virtual Reality**. 2016. Tese (Doutorado) – Massachusetts Institute of Technology.

OGAWA, Aline Nunes; KLOCK, Ana Carolina Tomé; GASPARINI, Isabela. **Integrando Técnicas De Learning Analytics No Processo De Gamificação Em Um Ambiente Virtual De Aprendizagem**. *In: 1. BRAZILIAN Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2017. P. 615.

OLIVEIRA PEREIRA, Poliana Francibele de; CONCEIÇÃO, Karolini Rodrigues da; LEMOS, Robson Rodrigues; FIUZA, Patricia Jantsch; GONÇALVES, Alexandre Leopoldo. **Uma Análise Temporal De Dados Abertos Do Ensino Superior Utilizando O Software De Visualização Tableau**. *Anais do Simpósio Ibero-Americano de Tecnologias Educacionais*, p. 192–198, 2018.

OLIVEIRA PEREIRA, Poliana Francibele de; FIUZA, Patricia Jantsch; LEMOS, Robson Rodrigues. **Aprendizado Baseado Em Jogos Digitais No Ensino**

De Anatomia Utilizando Gamificação: Uma Revisão Sistemática Da Literatura. Criar Educação, v. 8, n. 1, 2019.

PALMIERI, R; GIGLIO, C. **Using Social Network Analysis For A Comparison Of Informal Learning In Three Asian-american Student Conferences. The Turkish Online Journal of Educational Technology**, 2015.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia Do Trabalho Científico: Métodos E Técnicas Da Pesquisa E Do Trabalho Acadêmico**. [S.l.]: Editora Feevale, 2013.

QU, Huamin; CHEN, Qing. **Visual Analytics For Mooc Data. IEEE computer graphics and applications**, IEEE, v. 35, n. 6, p. 69–75, 2015.

RUIPÉREZ-VALIENTE, José A; ROSENHECK, Louisa; KIM, Yoon Jeon. **What Does Exploration Look Like? Painting A Picture Of Learning Pathways Using Learning Analytics. In: GAME-BASED Assessment Revisited**. [S.l.]: Springer, 2019. P. 281–300.

SHNEIDERMAN, Ben. Tree visualization with tree-maps: 2-d space-filling approach. **ACM Transactions on graphics (TOG)**, ACM New York, NY, USA, v. 11, n. 1, p. 92–99, 1992.

SILIUS, Kirsi; TERVAKARI, Anne-Maritta; KAILANTO, Meri. **Visualizations Of User Data In A Social Media Enhanced Web-based Environment In Higher Education. In: IEEE. 2013 IEEE global engineering education conference (EDUCON)**. [S.l.: s.n.], 2013. P. 893–899.

SILVA, Anita Raquel da; SCHMITT, Marcelo Augusto Rauh; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. **Análise Sobre Sistemas Baseados Em Learning Analytics (la) Para Apoiar As Ações Pedagógicas Em Ambientes Virtuais De Aprendizagem (ava) Tipo Moodle. RENOTE**, v. 17, n. 3, p. 234–243, 2019.

SILVA FILHO, Rubens da Costa; MANGAN, Patrícia Kayser Vargas. **Integração De Ferramentas Da Web 2.0 Na Promoção Da Biblioteca Universitária Especializada Em Saúde. Seminário Internacional de Informação para a Saúde (SINFORGEDS)(4.: 2016: Fortaleza, CE). Anais. Fortaleza: UFC, 2016**, 2016.

SLATER, Stefan; JOKSIMOVIĆ, Srećko; KOVANOVIĆ, Vitomir; BAKER, Ryan S; GASEVIC, Dragan. **Tools For Educational Data Mining: A Review**. **Journal of Educational and Behavioral Statistics**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 42, n. 1, p. 85–106, 2017.

UFSCAR, LAPES. **StArt - State of the Art through Systematic Review** URL: http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool. Accessed, 2021.

VALLS, Francesc; REDONDO, Ernesto; FONSECA, David; TORRES-KOMPEN, Ricardo; VILLAGRASA, Sergi; MARTÍ, Nuria. **Urban Data And Urban Design: A Data Mining Approach To Architecture Education**. **Telematics and Informatics**, Elsevier, v. 35, n. 4, p. 1039–1052, 2018.

VIEIRA, Camilo; PARSONS, Paul; BYRD, Vetrica. **Visual Learning Analytics Of Educational Data: A Systematic Literature Review And Research Agenda**. **Computers & Education**, Elsevier, v. 122, p. 119–135, 2018.

WEBBER, Carine Geltrudes; CINI, Glauber; PRADO, Maria de Fátima Webber do *et al.* **Facilitando A Análise Se Dados Educacionais Através De Ferramentas De Visualização**. **Renote**, v. 11, n. 3, 2013.

WONG, Pak Chung; ROSE, Stuart J; CHIN JR, George; FRINCKE, Deborah A; MAY, Richard; POSSE, Christian; SANFILIPPO, Antonio; THOMAS, Jim. **Walking The Path: A New Journey To Explore And Discover Through Visual Analytics**. **Information Visualization**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 5, n. 4, p. 237–249, 2006.

WRIGHT, Fiona; WHITE, David; HIRST, Tony; CANN, Alan. **Visitors And Residents: Mapping Student Attitudes To Academic Use Of Social Networks**. **Learning, Media and Technology**, Taylor & Francis, v. 39, n. 1, p. 126–141, 2014.

XIAOHUAN, Wang; GUODONG, Yuan; HUAN, Wang; WEI, Hu. **Visual Exploration For Time Series Data Using Multivariate Analysis Method**. *In*: IEEE. 2013 8th International Conference on Computer Science & Education. [S.l.: s.n.], 2013. P. 1189–1193.

YIN, Robert K. **Estudo De Caso-: Planejamento E Métodos**. [S.l.]: Bookman, editora, 2015.

ZAPPAROLLI, Luciana; STIUBIENER, Itana; BRAGA, Juliana; PIMENTEL, Edson. **Aplicando Técnicas De Business Intelligence E Learning Analytics Em Ambientes Virtuais De Aprendizagem. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, v. 28, n. 1, p. 536–545, 2017.

APÊNDICE A – TCLE DOCENTES



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS - CEPESH

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado docente participante

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa intitulada "EducaAnatomia3D: Jogo Sério para o Ensino de Anatomia Humana". Este termo tem o objetivo de solicitar a sua autorização para a participação da pesquisa, que é coordenada pelo professor Dr. Robson R. Lemos, professor do Curso de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá. A participação na pesquisa é voluntária e antes de assinar este termo, é importante que você leia as informações contidas neste documento, que informa a proposta e os procedimentos que serão utilizados para a realização da pesquisa.

A JUSTIFICATIVA, OS OBJETIVOS E OS PROCEDIMENTOS: O motivo que nos leva a investigar o uso de jogos no contexto educacional tem como finalidade avaliar o uso da análise de aprendizado por meio de uma nova ferramenta para visualização de dados educacionais integrada ao ambiente EducaAnatomia3D. O objetivo deste projeto visa investigar a influência da analítica de aprendizagem e visualização de informações de desempenho em participantes de um jogo sério para ensino de anatomia humana. O procedimento de coleta de dados será da seguinte forma: aplicação de questionários de satisfação no qual os docentes/discentes responderão questões relacionadas ao uso da interface de interação do jogo sério EducaAnatomia3D. Essa pesquisa segue as normas da Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012.

DESCONFORTOS, RISCOS E BENEFÍCIOS: É possível ocorrer riscos de constrangimentos, desconfortos, durante a participação na execução do jogo. Pesquisadores e instituição envolvidos neste projeto fornecerão assistência imediata aos participantes, no que tange possíveis complicações e/ou danos decorrentes. Os benefícios para o docente/discente estão na oportunidade de conhecer mais a respeito das técnicas de análise e visualização de dados integrados em um ambiente virtual para o ensino de anatomia.

FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA: Qualquer desconforto durante a execução do sistema ou aplicação do questionário, o participante poderá desistir da pesquisa ou então se preferir, e com a concordância do participante, poderá ser remarcado um horário/local para que ele/ela realize essas atividades.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO:

- a) Você somente participará da pesquisa com a sua autorização, por meio da entrega desse termo de consentimento livre e esclarecido devidamente assinado;
- b) Salientamos que os procedimentos que assegurem a confidencialidade e a privacidade e a proteção da imagem dos participantes serão realizados em sua totalidade. Asseguramos que os dados obtidos com essa pesquisa não serão usados para outros fins além dos previstos no protocolo e/ou no consentimento livre e esclarecido desse estudo;
- c) Você terá liberdade para recusar-se a participar da pesquisa e, após aceitar, também poderá desistir da pesquisa a qualquer momento, sem qualquer tipo de penalidade ou prejuízo para si.

Caso você tenha dúvidas ou perguntas a respeito do estudo, no que se refere à sua participação, você poderá contatar o professor Robson R. Lemos (coordenador do projeto) por e-mail robson.lemos@ufsc.br, ou pelo telefone (48) 3721-6448. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada na Coordenadoria Especial Interdisciplinar de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina e outra será fornecida a você.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO, RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO POR EVENTUAIS DANOS:

A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional. Caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Além disso, na possibilidade de haver algum dano ao participante decorrente da pesquisa há garantia de indenização de acordo com a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012.

DECLARAÇÃO DO DOCENTE PARTICIPANTE: Eu,

_____ fui informada (o) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar. O professor orientador Dr. Robson R. Lemos certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais. Também sei que caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dúvidas poderei chamar o professor orientador Dr. Robson R. Lemos no telefone (48) 3721-6448. ou no endereço profissional: Rodovia Governador Jorge Lacerda, nº 3201, bairro Jardim das Avenidas, Araranguá - SC ou o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina, sito à Rua Desembargador Vitor Lima, nº 222, 4º andar, sala 401 Trindade 88040-400, Florianópolis/SC.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome	Assinatura do Participante Docente	Data
------	------------------------------------	------

Nome	Assinatura do Pesquisador	Data
------	---------------------------	------

Obrigado pela participação!

APÊNDICE B – TCLE DISCENTES



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS - CEPESH

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado discente participante

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa intitulada "EducaAnatomia3D: Jogo Sério para o Ensino de Anatomia Humana". Este termo tem o objetivo de solicitar a sua autorização para a participação da pesquisa, que é coordenada pelo professor Dr. Robson R. Lemos, professor do Curso de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá. A participação na pesquisa é voluntária e antes de assinar este termo, é importante que você leia as informações contidas neste documento, que informa a proposta e os procedimentos que serão utilizados para a realização da pesquisa.

A JUSTIFICATIVA, OS OBJETIVOS E OS PROCEDIMENTOS: O motivo que nos leva a investigar o uso de jogos no contexto educacional tem como finalidade avaliar o uso da análise de aprendizado por meio de uma nova ferramenta para visualização de dados educacionais integrada ao ambiente EducaAnatomia3D. O objetivo deste projeto visa investigar a influência da analítica de aprendizagem e visualização de informações de desempenho em participantes de um jogo sério para ensino de anatomia humana. O procedimento de coleta de dados será da seguinte forma: aplicação de questionários de satisfação no qual os docentes/discentes responderão questões relacionadas ao uso da interface de interação do jogo sério EducaAnatomia3D. Essa pesquisa segue as normas da Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012.

DESCONFORTOS, RISCOS E BENEFÍCIOS: É possível ocorrer riscos de constrangimentos, desconfortos, durante a participação na execução do jogo. Pesquisadores e instituição envolvidos neste projeto fornecerão assistência imediata aos participantes, no que tange possíveis complicações e/ou danos decorrentes. Os benefícios para o docente/discente estão na oportunidade de conhecer mais a respeito das técnicas de análise e visualização de dados integrados em um ambiente virtual para o ensino de anatomia.

FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA: Qualquer desconforto durante a execução do sistema ou aplicação do questionário, o participante poderá desistir da pesquisa ou então se preferir, e com a concordância do participante, poderá ser remarcado um horário/local para que ele/ela realize essas atividades.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO:

- a) Você somente participará da pesquisa com a sua autorização, por meio da entrega desse termo de consentimento livre e esclarecido devidamente assinado;
- b) Salientamos que os procedimentos que assegurem a confidencialidade e a privacidade e a proteção da imagem dos participantes serão realizados em sua totalidade. Asseguramos que os dados obtidos com essa pesquisa não serão usados para outros fins além dos previstos no protocolo e/ou no consentimento livre e esclarecido desse estudo;
- c) Você terá liberdade para recusar-se a participar da pesquisa e, após aceitar, também poderá desistir da pesquisa a qualquer momento, sem qualquer tipo de penalidade ou prejuízo para si.

Caso você tenha dúvidas ou perguntas a respeito do estudo, no que se refere à sua participação, você poderá contatar o professor Robson R. Lemos (coordenador do projeto) por e-mail robson.lemos@ufsc.br, ou pelo telefone (48) 3721-6448. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada na Coordenadoria Especial Interdisciplinar de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina e outra será fornecida a você.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO, RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO POR EVENTUAIS DANOS:

A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional. Caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Além disso, na possibilidade de haver algum dano ao participante decorrente da pesquisa há garantia de indenização de acordo com a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012.

DECLARAÇÃO DO DISCENTE PARTICIPANTE: Eu,

_____ fui informada (o) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar. O professor orientador Dr. Robson R. Lemos certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais. Também sei que caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dúvidas poderei chamar o professor orientador Dr. Robson R. Lemos no telefone (48) 3721-6448, ou no endereço profissional: Rodovia Governador Jorge Lacerda, nº 3201, bairro Jardim das Avenidas, Araranguá - SC ou o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina, sito à Rua Desembargador Vitor Lima, nº 222, 4º andar, sala 401 Trindade 88040-400, Florianópolis/SC.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome	Assinatura do Participante Discente	Data
------	-------------------------------------	------

Nome	Assinatura do Pesquisador	Data
------	---------------------------	------

Obrigado pela participação!

APÊNDICE C – ROTEIRO DO ESTUDO DE CASO

ROTEIRO

Descrição do roteiro para o estudo de caso junto aos especialistas/monitores em anatomia humana:

Requisitos: Utilizar um navegador baseado no Chromium, como: Google Chrome, Microsoft Edge ou Opera.

PASSO 1 - Entrar no EducaAnatomia3D através do link: <https://educanatomia.ufsc.br/lavis>.

PASSO 2 - Acesse a fase de apresentação do conteúdo através da opção "Sistema Muscular"

PASSO 3 - Acesse o sistema do membro inferior humano, interagindo com o menu hierárquico (canto lateral esquerdo) ou selecionando/dicando diretamente na representação 3D do sistema muscular, por um período de 10 a 30 minutos.

PASSO 4 - Acesse a fase de fixação do conteúdo através do botão "JOGAR" para responder o questionário associado às regiões do sistema muscular do membro inferior por pelo menos 10 min

PASSO 5 - Selecionar uma das regiões do sistema muscular e responder às rodadas de questões, repetir este processo por um período de 10 a 30 minutos. Cada rodada de questões de uma região do sistema muscular (glútea, coxa, perna ou pé) conterá 10 questões. Por favor, selecione pelo menos uma vez cada uma das regiões do sistema muscular.

PASSO 6 - Selecionar o botão sair e retornar para o menu iniciar.

PASSO 7 - No menu iniciar, acessar no menu a sessão "LAVis".

Descrição do LAVis:

O LAVis (do inglês *Learning Analytics and Visualization*) é um painel dedicado à exibição de informações e visualizações sobre o desempenho na plataforma EducaAnatomia3D para o sistema muscular do membro inferior. Segue uma breve explicação sobre seus componentes:

1 - O painel superior contém os filtros para seleção de usuário e do período a ser exibido.

1.1 - O filtro por usuário permite exibir individualmente as informações relacionadas a cada usuário ou de todos os usuários através da opção TODOS.

1.2 - O filtro por período permite a seleção de um intervalo de tempo para limitar as informações exibidas.

2 - **Número de interações com o conteúdo:** Exibe a quantidade total de interações com objetos/tópicos do conteúdo de estudo.

3 - **Tempo total de leitura do conteúdo:** Exibe o tempo de estudo de estudo durante a fase de apresentação do conteúdo.

4 - **Questionário: Questões/Acertos:** Corresponde a quantidade de questões respondidas/acertadas na fase de fixação do conteúdo.

5 - **Porcentagem total de acertos:** Corresponde a quantidade percentual de acertos em relação ao que foi respondido (aproveitamento).

6 - **TreeMap:** Visualização posicionada ao lado esquerdo do painel, exibe as informações específicas de cada tópico/conteúdo da etapa de apresentação do conteúdo. É possível interagir com esta visualização, clicar em uma região efetuará um "zoom" ampliando a mesma, clicar na barra de título reduzirá o nível de "zoom", passar o mouse sobre as regiões exibe informações específicas da mesma. Ou seja, o usuário poderá navegar na hierarquia no TreeMap, a qual corresponde a forma como o conteúdo está organizado na fase de apresentação de conteúdo. O tamanho de cada um dos retângulos do TreeMap corresponde ao número de interações realizada em um tópico/conteúdo em particular (incluindo o número de interações nos tópicos localizados abaixo daquela posição na hierarquia).

7 - **Porcentagem de acertos por regiões:** Gráfico de barras que exibe o percentual de acertos no jogo (percentual de acertos no questionário de uma dada região do sistema muscular), na fase de fixação do conteúdo. É possível interagir com essa visualização ao passar o cursor do mouse sobre a visualização.

Questionário TAM para o LAVis - EducaAnatomia3D <https://docs.google.com/forms/d/1dU1Z180PxyV1HHLZ0713MfQw...>

Questionário TAM para o LAVis - EducaAnatomia3D <https://docs.google.com/forms/d/1dU1Z180PxyV1HHLZ0713MfQw...>

Utilidade

8. 2 - O LAVis apresentou visualizações de dados e informações de fácil compreensão sobre a etapa de apresentação do conteúdo. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

9. 3 - O LAVis apresentou visualizações de dados e informações de fácil compreensão sobre a etapa de fixação do conteúdo. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

10. 4 - O LAVis mostra de forma clara qual é a origem das informações por ele exibidas (se são da etapa de apresentação ou de fixação do conteúdo). *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

11. 5 - O LAVis facilita a comparação de dados de ambas as etapas (apresentação e fixação do conteúdo) de utilização do Sistema Muscular do EducaAnatomia3D. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

12. 1 - O LAVis serviu como forma de acompanhar os dados de aprendizado. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

13. 2 - O LAVis possibilitou a comparação entre as informações das duas etapas (apresentação e fixação do conteúdo). *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

14. 3 - Através do LAVis é possível acompanhar informações para análise do desempenho dos alunos. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

15. 4 - As informações exibidas através do LAVis são suficientes para o acompanhamento de desempenho dos alunos. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

Percepção de

Essa sessão corresponde a questões sobre o quanto o LAVis cumpre a sua proposta.
 * Escolha uma das opções de resposta entre 1 que corresponde a Discordo Totalmente a 7 que corresponde a Concordo Plenamente.

3 of 7 4 of 7

Questionário TAM para o LaVis - EducaAnatomia3D <https://docs.google.com/forms/d/1dU1Z180PxyY1HHLZ0713MfQw...>

16. 5 - O LAVIS permite o melhor entendimento sobre o desempenho durante o uso do EducaAnatomia3D. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

17. 6 - Através do acompanhamento de desempenho efetuado no LAVIS é possível traçar metas de estudo personalizadas. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

3 - Atitude em relação ao uso

Essa sessão corresponde a questões sobre o quanto o LAVIS serve para o meu propósito.
 * Escolha uma das opções de respostas da escala entre 1 que corresponde a Discordo Totalmente a 7 que corresponde a Concordo Plenamente.

18. 1 - Interagir com o LAVIS é uma experiência satisfatória. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

19. 2 - Utilizar o LAVIS para acompanhar o estudo dos conteúdos é benéfico para o meu desempenho. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

20. 3 - Acompanhar o desempenho da turma através do LAVIS é satisfatório. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

21. 4 - Comparar informações de aprendizado das duas etapas (apresentação e fixação do conteúdo) é benéfico ao aluno/professor. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

22. 5 - Os dados apresentados no Lavis são satisfatórios. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Plenamente

Questões descritivas

Essa sessão corresponde a questões referente a vantagens, desvantagens e sugestões de melhorias para o LaVis.

23. 1 - Na sua opinião quais são os principais benefícios ou vantagens de se utilizar o LAVIS?

Questionário TAM para o LAVIS - EducaAnatomia3D <https://docs.google.com/forms/u/1/d/1Z180PxyV1HHLZ07H3MjQw...>

24. 2 - Na sua opinião quais são as principais dificuldades ou desvantagens de se utilizar o LAVIS?

25. 3 - Quais são as suas sugestões de melhoria para o LAVIS? Descreva, se houver, suas sugestões.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

