



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO - ICOMP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - PPGI

Uma Plataforma de Suporte ao Docente no Contexto da Educação Digital

por

Gabriel de Souza Leitão

Manaus - Amazonas

Março de 2017



PODER EXECUTIVO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO - ICOMP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - PPGI



Uma Plataforma de Suporte ao Docente no Contexto da Educação Digital

por

Gabriel de Souza Leitão

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador: Raimundo da Silva Barreto, D.Sc.

Manaus - Amazonas

Março de 2017



PODER EXECUTIVO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO - ICOMP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - PPGI



TERMO DE APROVAÇÃO

Uma Plataforma de Suporte ao Docente no Contexto da Educação Digital

por

Gabriel de Souza Leitão

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Informática e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas.

Aprovada em: **17/03/2017**

BANCA EXAMINADORA

Raimundo da Silva Barreto, D.Sc. (Orientador)

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Elaine Harada Teixeira de Oliveira, D.Sc.

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Patrícia Jaques Maillard, D.Sc.

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Leitão, Gabriel de Souza

Uma Plataforma de Suporte ao Docente no Contexto da Educação Digital / Gabriel de Souza Leitão . Manaus, BR - AM, 2017.

L533u, 92f.: color.; 31cm

Orientador: Raimundo da Silva Barreto, D.Sc.

Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Instituto de Computação - IComp, Manaus, BR - AM, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 72 - 76.

1. Educação Digital. 2. Sistemas de Tutoria. 3. Avaliação de Desempenho. 4. Ambiente Virtual de Aprendizagem. 5. Sala de Aula Inteligente. I. Barreto, Raimundo da Silva. II. Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Programa de Pós-Graduação em Informática - PPGI. III. Uma Plataforma de Suporte ao Docente no Contexto da Educação Digital

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

Reitora: Profa. Márcia Perales Mendes Silva

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: Prof. Gilson Vieira Monteiro

Pró-Reitor de Ensino e Graduação: Prof. Lucídio Rocha dos Santos

Coord. do Programa de Pós-Graduação em Informática: Prof. Eduardo Luzeiro Feitosa

Diretor do Instituto de Computação: Profa. Tanara Lauschner

Esta dissertação é dedicada à minha família, meu apoio em todos os momentos.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, sem o qual nada teria sido possível. Agradeço especialmente por tanto bem e tantas dádivas recebidas através das pessoas que me acompanharam, apoiaram e auxiliaram nesta pesquisa. Todas são sinais da presença amorosa de Deus na minha vida.

Agradeço à minha família, meu esteio, sem os quais seria impossível eu ter chegado onde estou. Eu sou extremamente grato por todo o carinho, amor e cuidado que vocês tem tido comigo!!!

Ao professor meu orientador e amigo, professor Raimundo da Silva Barreto, que tem acompanhado grande parte da minha odisseia acadêmica, desde os primeiros anos na graduação em Engenharia da Computação, minha temporada na Filosofia e, então, o meu retorno para continuar os estudos no Mestrado em Informática. Muito obrigado, professor, pela amizade, humanidade, orientação e, especialmente, por toda a confiança que tem depositado em mim e no meu processo de aprendizado.

Às professoras Elaine Harada Teixeira de Oliveira e Patrícia Jaques Maillard, muito obrigado pela solicitude em aceitar participar da minha banca de defesa de dissertação.

Agradeço também aos meus amigos e colegas do Laboratório de Sistema Embarcados que ajudaram imensamente na discussão e implementação deste trabalho. Faço um agradecimento especial a Anderson Cruz, Erica Bertan, Erick Rego, Jordan Caetano, Larissa Bentes, Moises Gomes, Marcos Souza e Juan Colonna.

Muito obrigado aos meus colegas de trabalho do IFAM que me apoiaram, especialmente, nos últimos meses de preparação para a defesa da dissertação. Meu agradecimento especial para Alciane, Ana Paula, Bruno, Eline, Hilton, Jaidson e Janaína.

Agradeço aos estudantes do 3º Módulo do Curso Técnico Subsequente em Informática do IFAM de Manacapuru que aceitaram participar e colaborar com a execução dos experimentos.

Agradeço também à minha namorada, Thais Augusto do Nascimento, pelo grande apoio e carinho, mas, especialmente, pela compreensão nos momentos em que precisei focar mais na pesquisa. Obrigado por estar comigo!

Minha gratidão a CAPES pelo suporte financeiro para execução desta pesquisa. Parte dos resultados apresentados neste trabalho foram obtidos através do projeto de pesquisa “Sistemas para Avaliação de Comportamento e Recomendação Inteligente em Ambientes Educacionais e de Saúde Remota”, financiado pela Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., no âmbito da Lei no. 8.387 (art. 2º)/91.

Enfim, agradeço a todas as minhas amigas e amigos que tem me apoiado e torcido pelo meu sucesso pessoal e profissional.

"(...) a minha questão não é acabar com a escola, é mudá-la completamente, é radicalmente fazer que nasça dela um novo ser tão atual quanto a tecnologia. Eu continuo lutando no sentido de pôr a escola à altura do seu tempo. E pôr a escola à altura do seu tempo não é soterrá-la, mas refazê-la." (FREIRE,1996)

RESUMO

Vivemos em uma sociedade tecnológica, por isso, é preciso propor novas metodologias de ensino que integrem os recursos tecnológicos atuais. Porém, apenas criar novos modelos não garante a melhoria da qualidade da educação, desse modo, é necessário que tais modelos identifiquem as demandas do estudante e o ajudem a engajar-se no processo de aprendizagem. Nesse contexto, este trabalho disserta sobre a resolução de um problema que pode ser expresso através da seguinte pergunta: *é possível a construção de um ambiente de sala de aula para ensino presencial suportado por tecnologia, que minimize a dificuldade dos professores em inserir recursos computacionais como parte integrante da metodologia de ensino e que, adicionalmente, proveja análises e inferências para a melhoria do processo ensino-aprendizagem?*

Como resultado inicial da revisão da literatura, constatou-se que Computação Ubíqua e Inteligência de Ambientes (do inglês, *Ambient Intelligence*) são muito utilizadas para criação de salas de aula inteligentes no contexto de educação presencial. Entretanto, poucos destes trabalhos implementam metodologias que adaptem o conteúdo pedagógico, incluindo exercícios avaliativos, em função da dificuldade de entendimento do estudante. Assim, a proposta desta dissertação consiste em apresentar uma plataforma de apoio ao docente que, após uma aula presencial, forneça informações sobre interação com o conteúdo didático e desempenho de uma turma, além da inserção de ajuda sob demanda, principalmente na avaliação, através de questionários de múltipla escolha, visando atender aos diversos níveis de dificuldade dos estudantes.

Com esse objetivo, foi projetada uma plataforma composta de quatro partes: (i) Compositor: componente responsável pela geração de material didático; (ii) Player: executa a aula com relativa independência do ambiente de execução; (iii) Servidor: cria e gerencia a sala de aula virtual, trocando mensagens com todos os dispositivos do ambiente de aprendizagem; e (iv) Métricas: componente responsável pela geração de diversas métricas de suporte ao professor. As métricas fornecem informações sobre a interação do estudante com o material didático e, principalmente, sobre o seu desempenho em questionários avaliativos.

A plataforma foi aplicada em aulas reais com estudantes de ensino técnico e os resultados experimentais indicam que a plataforma não apenas colaborou na melhoria do desempenho dos estudantes, como também facilitou o trabalho do professor, tanto na preparação das aulas quanto na condução das mesmas, além de ter gerado métricas importantes para a avaliação do aprendizado.

ABSTRACT

We live on a technological society, therefore we must propose new learning methodologies that take advantage of modern technical resources. However, only creating new models does not imply on the improvement of quality of education, thus, it's necessary that those models identify the demands from students and help them to get better engagement in the learning process.

In this context, this work describes the resolution of a problem that can be depicted through the following question: *Is it possible to generate a classroom environment for face-to-face teaching supported by technology, that minimizes the difficulty of teachers to insert computational resources as a necessary element of the teaching methodology and, additionally, to supply analytics and inferences to improve of teaching-learning process?*

It was found through the Literature Review that Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence are much used to create smart classrooms on presencial education context. However, few works implement methodologies that adapt the pedagogical content, for example assessments, from the student's non understanding. Thus, the approach of this dissertation consists in introducing a platform of support to teacher that, after a presencial lesson, it will provide informations about interaction with didactic content and performance of a class, besides insertion of a help on demand, mainly on the evaluation using multiple choice quiz to satisfy the several levels of difficulties from the students.

With this goal, it was developed a platform composed by four parts: (i) Composer: responsible for composition and generation of a Digital Class. (ii) Player: responsible for running the digital class independently of the execution environment; (iii) Server: creates and manages the virtual classroom, communicating with all devices in the learning environment; and (iv) Metrics: component responsible to generate data for teacher's support. Metrics provides informations about student's interaction with the didactical material and, mainly, about their performance on evaluative quizzes.

The Platform was applied at real classes with technical education students and the experimental results indicate that the platform not only collaborated in the improvement of students' performance, but also facilitated the work of the teacher, both in the preparation of the classes and in the conduction of the same, besides generating important metrics for the evaluation of the learning.

Sumário

Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	x
Lista de Algoritmos	xi
1 Introdução	1
1.1 Contexto	2
1.2 Definição do Problema	2
1.3 Motivação	3
1.4 Objetivos	4
1.5 Organização do Trabalho	5
2 Conceitos e Definições	6
2.1 Educação e práticas pedagógicas	6
2.1.1 Educação, fracasso escolar e mudanças pedagógicas	6
2.1.2 Elementos do Processo de Ensino-Aprendizagem	7
2.2 Teorias Sociopedagógicas	8
2.2.1 A Construção do Conhecimento a partir da Experiência	8
2.2.1.1 Método por Descoberta	9
2.2.1.2 Educação Emancipadora	9
2.2.1.3 Conhecimento como construção progressiva	10
2.2.1.4 Zona de Desenvolvimento Proximal	10
2.2.2 A Abordagem Construcionista	11
2.3 Computação Aplicada à Educação	12
2.3.1 Objetos de Aprendizagem	12
2.3.2 Ambientes de Sala de aula inteligente	13
2.3.3 Ferramentas de Autoria e Avaliação do Desempenho do Aluno	13
2.4 Resumo	15
3 Trabalhos Correlatos	16
3.1 Ambientes de Aprendizagem	16
3.1.1 Ambiente Interno de Aprendizagem	17
3.1.2 Ambiente Externo de Aprendizagem	21
3.2 Ferramentas de Autoria e de Avaliação do Desempenho	23
3.3 Resumo	27
4 Método Proposto	28

4.1	Compositor	29
4.2	Servidor	31
4.3	Player	33
4.4	Métricas	34
4.4.1	Pontuação	34
4.4.2	Nível de Confusão	34
4.4.3	Tempo de Resposta	35
4.4.4	Nível de Desordem	36
4.4.5	Nível de Compreensão	37
4.5	Ferramentas	38
4.5.1	Compositor	39
4.5.2	Player	40
4.5.3	Servidor	42
4.5.4	Métricas	42
4.6	Resumo	43
5	Resultados Experimentais	44
5.1	Composição das Aulas Experimentais	44
5.1.1	Objetos de Aprendizagem	45
5.1.2	Questionário da ‘Aula01’	46
5.1.3	Questionário da ‘Aula02’	48
5.2	Execução da Aula Experimental	50
5.2.1	Análises da ‘Aula01’	51
5.2.1.1	Análise pela Pontuação Tradicional	51
5.2.1.2	Análise pelo Nível de Confusão	52
5.2.1.3	Análise pelo Tempo de Resposta	53
5.2.1.4	Análise pelo Nível de Desordem	54
5.2.1.5	Análise pelo Nível de Compreensão	55
5.2.1.6	Análise do Impacto das Ajudas	56
5.2.2	Análises da ‘Aula02’	57
5.2.2.1	Análise pela Pontuação Tradicional	57
5.2.2.2	Análise pelo Nível de Confusão	59
5.2.2.3	Análise pelo Tempo de Resposta	61
5.2.2.4	Análise pelo Nível de Desordem	62
5.2.2.5	Análise pelo Nível de Compreensão	63
5.2.2.6	Análise do Impacto das Ajudas	65
5.3	Resumo	67
6	Conclusão	69
6.1	Considerações Finais	69
6.2	Trabalhos Futuros	70
	Referências Bibliográficas	73

Lista de Figuras

3.1	(a) Cenário do ClassMATE. (b) Arquitetura do ClassMATE	17
3.2	Cenário de Sala de Aula Inteligente	18
3.3	Mesa de estudos inteligente	19
3.4	Sala de aula inteligente	20
3.5	Arquitetura do Sistema de Aprendizagem Ubíqua	21
3.6	Estrutura do sistema EULER	22
3.7	Cenário de uso do sistema EULER no Guandu Nature Park	23
3.8	Arquitetura do LECA	24
3.9	Estrutura da Plataforma “Fábrica de Objetos”	25
3.10	Estrutura dos OAs na plataforma “Fábrica de Objetos”	25
3.11	Exemplo do Treemap das interações de um estudante	26
3.12	Alunos Aprovados e Reprovados por Turma	26
4.1	Arquitetura da Plataforma proposta	28
4.2	Compositor: entidades base	29
4.3	Compositor: Modelo dos Objetos de Aprendizagem	30
4.4	Compositor: Exemplo de Atributos de uma Questão	32
4.5	Arquitetura do Servidor	33
4.6	Arquitetura do Player	34
4.7	Exemplo de Gráfico de Nível de Confusão	35
4.8	Exemplo do ‘Tempo de Resposta’ de um Questionário (em segundos)	36
4.9	Exemplo do Nível de Desordem por aluno	37
4.10	Exemplo do gráfico de Nível de Compreensão	39
4.11	Tela Inicial do Compositor	39
4.12	Compositor - Tela ‘Disciplinas’	40
4.13	Compositor - Tela ‘Objetos de Aprendizagem’	41
4.14	Player - Questionário com Ajuda sob Demanda	41
4.15	Servidor - Log do Aluno 01	42
5.1	Tela Inicial da Aula01	45
5.2	Tela Inicial da Aula02	46
5.3	Proporção dos Tópicos das Aulas no Questionário	47
5.4	Gráfico do Nível de Dificuldade das Questões	47
5.5	Gráfico do Nível de Dificuldade dos Tópicos	48
5.6	Proporção dos Tópicos das Aulas no Questionário	49
5.7	Gráfico do Nível de Dificuldade das Questões	49
5.8	Gráfico do Nível de Dificuldade dos Tópicos	50
5.9	Gráfico com a Pontuação dos alunos no questionário	51

5.10	Percentual de acertos por Tópico	52
5.11	Quantidade de Respostas (valores absolutos)	52
5.12	Tempo de Resposta das Questões/Questionário (em segundos)	53
5.13	Gráfico do Nível de Desordem no Questionário (por aluno)	54
5.14	Gráfico do Nível de Compreensão	55
5.15	Desvio na Questão - Parâmetro do Nível de Compreensão	56
5.16	Quantidade de Ajudas por Aluno	57
5.17	Gráfico com a Pontuação do grupo que recebeu ajuda sob demanda	58
5.18	Gráfico com a Pontuação do grupo que não recebeu ajuda sob demanda	58
5.19	Gráfico com total geral de acertos na Aula 02	59
5.20	Percentual de acertos por Tópico do Grupo com ajuda sob demanda	59
5.21	Percentual de acertos por Tópico do Grupo sem ajuda sob demanda	60
5.22	Quantidade de Respostas (com ajuda sob demanda)	60
5.23	Quantidade de Respostas (sem ajuda sob demanda)	61
5.24	Tempo de Resposta das Questões/Questionário (em segundos) - Com ajuda	61
5.25	Tempo de Resposta das Questões/Questionário (em segundos) - Sem ajuda	62
5.26	Gráfico do Nível de Desordem no Questionário (por aluno) - Com ajuda	62
5.27	Gráfico do Nível de Desordem no Questionário (por aluno) - Sem ajuda	63
5.28	Gráfico do Nível de Compreensão (com Ajuda)	64
5.29	Gráfico do Nível de Compreensão (sem Ajuda)	64
5.30	Desvio na Questão (com ajuda)	65
5.31	Desvio na Questão (sem ajuda)	65
5.32	Quantidade de Ajudas por Aluno	66

Lista de Tabelas

2.1	Funcionalidades dos OAs em uma ferramenta de autoria	14
4.1	Índices de Dificuldade	37
4.2	Valores - Desvio da resposta	38
5.1	Nível de Dificuldade das Questões	48
5.2	Nível de Dificuldade das Questões	50

Lista de Algoritmos

1	Algoritmo de Ordem	36
---	------------------------------	----

Capítulo 1

Introdução

Segundo Bassedas *et al.* (1996), o objetivo da escola, enquanto instituição, é a educação dos alunos que, para eles, significa a transmissão e o ensino de conteúdos determinados. Num sentido amplo, esses conteúdos seriam conceitos, acontecimentos, procedimentos, atitudes, valores e normas. Desse modo, pode-se afirmar que a função principal da escola é introduzir o indivíduo na sociedade.

A sociedade atual é profundamente marcada pela tecnologia, o que implica que os artefatos tecnológicos não são tratados como simples ferramentas, mas, como parte integrante da vida das pessoas, moldando o modo como elas se relacionam consigo mesmas e com o mundo ao seu redor (Espírito Santo *et al.*, 2012; Leitão, 2014). Assim, para cumprir mais eficazmente a sua função social, a escola precisa integrar os recursos tecnológicos nos processos de ensino propondo novas metodologias e práticas pedagógicas (Sousa e Carvalho, 2011).

Essa demanda de integração da tecnologia nos ambientes educacionais tem possibilitado a construção de novos cenários de aprendizagem e a utilização de ferramentas que colaborem, tanto com o processo de ensino quanto de avaliação do desempenho dos estudantes, através do reconhecimento de contextos, atividades ou comportamentos dos estudantes durante a aula e, assim, façam recomendações com o objetivo de melhorar a qualidade da educação (Cheng *et al.*, 2006; Dong *et al.*, 2007; Mathioudakis *et al.*, 2013). Tal integração pode envolver aplicações dos conceitos de Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*), Inteligência Ambiental (*Ambient Intelligence - AmI*), Aprendizagem Ubíqua (*Ubiquitous Learning*) e Ciência de Contexto (*context-awareness*) (Oluwagbemi *et al.*, 2014; Xue *et al.*, 2011).

Entretanto, apenas criar ou utilizar recursos educacionais tecnológicos não garante a eficácia e nem a melhoria da qualidade da educação, pois, o aproveitamento de uma aula está relacionado ao engajamento do aluno no processo de ensino-aprendizagem. Assim, o uso de tecnologias em sala de aula também poderia permitir inferências como engajamento, nível de entendimento e dificuldades dos estudantes ao longo de um processo educativo (Gligoric *et al.*, 2015; Leitão *et al.*, 2015). Tais inferências podem auxiliar o professor na criação ou modificação de conteúdos educacionais mais adequados ao perfil e necessidades de uma turma ou de um estudante.

1.1 Contexto

De acordo com (Nogueira e Nogueira, 2013), o sociólogo da educação Pierre Bourdieu afirma que, para o sucesso escolar do estudante, é preciso levar em consideração a bagagem que ele traz consigo. Desse modo, o uso de um determinado capital cultural (i.e.: uso de dispositivos móveis) previamente pertencente ao estudante facilitaria o processo de ensino-aprendizagem dos códigos e conteúdos transmitidos pela escola formal. Para Bassedas *et al.* (1996), tal processo possui três elementos: o estudante, os conteúdos de aprendizagem e o professor.

Assim, para melhoria e maior eficiência do processo de ensino-aprendizagem, é preciso levar em consideração a grande familiaridade que as crianças e jovens tem com as novas tecnologias e inseri-las definitivamente na educação. Por isso, este trabalho está situado no contexto do desenvolvimento de ambientes de sala de aula inteligente com enfoque na utilização de ferramentas para apoiar o professor na geração, uso e avaliação de materiais didáticos de uma aula presencial.

Para isso, foi projetada uma plataforma composta de quatro partes: (i) Compositor: responsável pela geração de material didático a partir de objetos de aprendizagem inseridos pelo professor ou provenientes de um repositório; (ii) Player: responsável pela execução da aula independente de plataformas; (iii) Servidor: responsável pela criação e gerenciamento da sala de aula; (iv) Métricas: Responsável pela geração de gráficos para auxiliar o professor na percepção do impacto da aula na turma. Tais ferramentas serão apresentadas e discutidas mais detalhadamente ao longo desta dissertação.

1.2 Definição do Problema

Segundo o filósofo francês Levy (2010), a partir dos anos 80, com a invenção e popularização do computador pessoal, a informática foi perdendo seu *status* de técnica e de setor industrial particular para fundir-se à cultura, tornando-se cada vez mais integrada às relações sociais, trabalhistas e organizacionais, criando um ambiente virtual (cibernético) baseado em bits, memórias, grande capacidade de processamento e transmissão de dados.

Assim, num mundo cada vez mais digitalizado, Kenski (2007) afirma que o papel social das tecnologias da informação nas relações humanas permite novas e diferentes possibilidades para a educação à medida que transformam ou mesmo transcendem o espaço físico em que ela ocorre e à medida que possibilitam novas relações com os conhecimentos e com o outro, onde todos se tornam educadores e aprendizes.

Essas novas relações com o mundo, proporcionadas pela tecnologia, tem propiciado uma revolução no ensino e promovido o desenvolvimento de diversas modalidades de ensino à distância. Em contraposição, o ensino presencial tradicional tem enfrentado muitas dificuldades em modificar suas ferramentas e atualizar seus modelos. Dentre essas dificuldades, Espírito Santo *et al.* (2012)

afirma que o maior problema está relacionado à falta de experiência ou conhecimento dos docentes no manuseio de computadores, o que implica em deficiência na inserção espontânea de tais elementos como parte da metodologia de ensino-aprendizagem, tornando as aulas desinteressantes e monótonas.

O problema considerado nesta proposta pode ser expresso através da seguinte pergunta: é possível a construção de um ambiente de sala de aula para ensino presencial suportado por tecnologia, que minimize a dificuldade dos professores em inserir recursos computacionais como parte integrante da metodologia de ensino e que, adicionalmente, proveja análises e inferências para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem?

Esse conhecimento permitirá a rápida manutenção ou alteração dos conteúdos das aulas, além de facilitar o processo de ensino-aprendizagem através da possibilidade de inserção de uma metodologia de ensino-aprendizagem baseada em ajuda, isto é, inserção de elementos automáticos de ajuda, especialmente no que diz respeito à resolução de questionários.

1.3 Motivação

O advento e a popularização da informática provocaram uma revolução social, modificando profundamente o modo como as pessoas se relacionam consigo mesmas e com o mundo. Não obstante isso, a computação continua evoluindo, inovando e tornando-se cada vez mais ubíqua.

Essa ubiquidade da computação está atrelada ao emergente conceito de computação pervasiva que, segundo Satyanarayanan (2001), é caracterizada não apenas pela invisibilidade dos recursos computacionais por parte dos usuários, mas, também pelo aprofundamento da noção de espaços inteligentes, que se adequam aos mais diversos contextos.

Por ser uma das mais importantes instituições sociais, e devido ao seu papel de integração e socialização da cultura e do conhecimento, a escola não teria como passar imune a essa revolução (Nogueira e Nogueira, 2013; Levy, 2010). Dessa forma, a inserção e utilização de recursos computacionais no processo de ensino-aprendizagem presencial serve a uma dupla finalidade, a saber:

1. **Revisão e adaptação do método de ensino:** Mais do que mera inserção de novas tecnologias, o uso de ferramentas computacionais no ambiente de sala de aula motiva uma verdadeira revisão dos métodos de ensino. Essa reformulação permite tornar o processo de aprendizagem mais atrativo e interessante, especialmente, ao privilegiar e oportunizar uma dimensão de interatividade com o conteúdo educacional, seja através de jogos, de laboratórios virtuais ou de desafios que instiguem a capacidade de resolução de problemas (Sousa e Carvalho, 2011; Chang *et al.*, 2014; Hwang *et al.*, 2009; Dekdouk, 2012).

Essa mesma reestruturação ferramental permite obter dados dos estudantes com o objetivo de geração de gráficos e análises que ofereçam suporte ao professor na formação de grupos,

reforço de determinado conteúdo ou ainda sugestão de atividades ou métodos potencialmente mais adequados.

2. **Maior conhecimento formal do perfil dos estudantes:** Os dados obtidos a partir das aulas podem permitir melhores inferências relacionadas ao perfil de aprendizagem e às dificuldades de uma turma ou estudante e, assim, sugestões de reforço mais focadas e adequadas às necessidades e demandas.

Apesar das vantagens já apresentadas, não podemos nos esquivar de que os dados obtidos com a inserção das novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem trazem consigo a possibilidade de uma discussão ética, devido a ocorrência de um necessário monitoramento das atividades dos atores envolvidos nos processos, o que abriria margem para um maior controle do indivíduo, risco da diminuição da liberdade ou, ainda, certa desmaterialização das experiências humanas (Demo, 2010; Levy, 2010). Esta última, advinda da virtualização dos ambientes de aquisição do conhecimento.

Não obstante os riscos e dilemas da inserção de novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem, o uso dos saberes e recursos prévios que os estudantes trazem consigo pode motivá-los, diminuindo assim as barreiras para aquisição e retenção de conhecimento (Nogueira e Nogueira, 2013; Sousa e Carvalho, 2011), bem como oferecer um melhor suporte ao professor ao prover um conjunto de ferramentas que o auxiliem na construção, execução, manutenção e revisão dos planos e estratégias de ensino.

1.4 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é *apresentar uma plataforma de apoio ao docente que, após uma aula presencial, forneça informações sobre interação com o conteúdo didático e desempenho de uma turma, além da inserção de uma metodologia pedagógica baseada em ajuda sob demanda, principalmente nos questionários, visando atender aos diversos níveis de dificuldade dos estudantes.*

Os objetivos específicos são:

1. Apoiar o docente na preparação, durante e após uma aula focada em um ambiente de ensino-aprendizagem apoiado por tecnologia;
2. Propor a inserção de uma metodologia pedagógica baseada em ajuda sob demanda, principalmente na fase de avaliação dos conteúdos ensinados;
3. Aplicar métricas que permitam ao professor acompanhar e avaliar com maior precisão o desempenho de uma turma em um questionário e na interação com o material didático, indicando os tópicos em que os estudantes tiveram mais dificuldades.

1.5 Organização do Trabalho

A introdução deste trabalho apresentou o contexto, definição do problema, motivação e os objetivos desta pesquisa. Os capítulos restantes deste trabalho estão organizados da seguinte forma:

No Capítulo 2, **Conceitos e Definições**, são apresentados pressupostos pedagógicos e conceitos-chave abordados por este trabalho, tais como: Educação e abordagens pedagógicas, o papel do professor no processo de ensino-aprendizagem, Computação Aplicada à Educação e Aprendizado apoiado por Tecnologia.

No Capítulo 3, **Trabalhos Correlatos**, são apresentados e discutidos alguns dos principais trabalhos relacionados ao tema de construção de ambientes de sala de aula utilizando tecnologia.

No Capítulo 4, **Método Proposto**, são descritas a arquitetura e a abordagem propostas neste trabalho para criação de um ambiente de educação digital que apoie o professor em todas as fases do processo de composição e execução da aula.

No Capítulo 5, **Resultados Experimentais**, são apresentados e analisados os resultados experimentais do método proposto. Na análise, são utilizadas métricas de aprendizagem que possibilitem verificar o desempenho *a posteriori* dos estudantes no momento da execução da aula.

E, por fim, no Capítulo 6, **Conclusões e Trabalhos Futuros**, são expostas as considerações finais e os trabalhos futuros.

Capítulo 2

Conceitos e Definições

Este capítulo faz uma contextualização teórica a partir de elementos utilizados na construção de ambientes de aprendizagem apoiados por tecnologia, tais elementos vão de novos paradigmas educacionais a áreas emergentes da Computação.

2.1 Educação e práticas pedagógicas

Em nossa sociedade, a escola é a detentora oficial e formal dos mecanismos de validação do saber. Por isso, em sua crítica à educação escolar, Bourdieu atenta para o problema de que a escola pode legitimar e reforçar as desigualdades sociais, caso não leve em consideração, em suas metodologias, a herança socialmente herdada pelos indivíduos que nela estudam (Nogueira e Nogueira, 2013). Desse modo, faz-se urgente e necessário buscar estratégias pedagógicas que diminuam o abismo entre o conhecimento oficialmente balizado e os capitais sociais e culturais dos estudantes economicamente menos favorecidos, para assim, colaborar mais eficazmente no seu êxito escolar.

2.1.1 Educação, fracasso escolar e mudanças pedagógicas

Propor qualquer modificação em metodologias pedagógicas ou processos educativos sem um prévio questionamento sobre o significado do que está sendo feito, do contexto no qual se está inserido ou, ainda, sem levar em consideração os diversos atores e elementos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem pode contribuir ainda mais com o que se costuma chamar de "fracasso escolar" que, para Collares (1989), tem fatores extra e intra escolares que precisam ser levados em consideração. Os fatores extra escolares são aqueles relacionados às condições de vida e subsistência, onde estudantes de classes mais pobres são prejudicados pelas péssimas condições econômicas, de saneamento básico, de moradia, alimentação e diversas outras privações.

Dentre os fatores intra escolares estão os programas de curso, os currículos, os trabalhos dos professores e os processos avaliativos. Para vários críticos da educação brasileira, dentre eles Collares (1989) e Perrenoud e Schilling (2001), o fracasso escolar depende mais dos fatores intra escolares do que dos extra. Todavia, para um melhor entendimento do problema, os fatores externos precisam estar articulados em relação aos internos, de modo que, a caracterização do fracasso escolar deveria ser considerada menos como um problema de aprendizagem, isto é, vindo de deficiências do aluno, e mais como um problema de "ensinagem", vindo do sistema de ensino Collares (1989).

Pensar a melhoria e a eficiência da educação escolar a partir da necessidade de modificação dos processos educacionais, tem sido objeto de muitas análises ao longo dos anos, principalmente quando é feita uma crítica sociológica da educação, tal como pode ser constatado ao ler obras de pensadores como Charlot (2000); Freire (1987) e Pierre Bourdieu (Nogueira e Nogueira, 2013). Destas leituras críticas surgiram questionamentos e abordagens que levaram a novas concepções e tentativas de romper com um sistema concebido em uma época diferente da atual e que, por isso, já não consegue cumprir seu papel social. Assim, para uma educação de maior qualidade, é necessário reconhecer que o conhecimento é construído a partir da interação do indivíduo com o mundo ao seu redor e da significação que ele dá àquilo que o interpela, às atividades que executa, às interações sociais que estabelece com outros (Charlot, 2000).

2.1.2 Elementos do Processo de Ensino-Aprendizagem

De acordo com Bassedas *et al.* (1996), o processo de aprendizagem, com interações complexas e variadas, possui pelo menos três elementos: (i) o estudante; (ii) os conteúdos de aprendizagem; e (iii) o professor. Sobre o estudante, pode-se retomar o pensamento de Pierre Bourdieu (Nogueira e Nogueira, 2013), onde cada indivíduo possui uma bagagem socialmente herdada. Assim, o sucesso escolar depende, em grande medida, de se levar em consideração os diversos tipos de capitais (econômico, social, cultural,...) que ele traz consigo para a escola. Em outras palavras, significa dizer que para um processo educativo ter êxito, é preciso que a escola adapte seus processos ao grupo ou ao indivíduo no contexto de aprendizagem.

Essa adaptação precisa levar em consideração diversos elementos, dentre eles, o acesso aos conteúdos de aprendizagem. Levy (2010), ao discorrer sobre a Cibercultura, faz uma profunda discussão sobre a relação entre cultura, sociedade e técnica, apresentando a ideia de que esses três elementos são indissociáveis, mas, o fator humano é o mais preponderante, visto que, são as pessoas que produzem, utilizam e significam de diversos modos as diferentes técnicas.

Entretanto, Kenski (2007), recorda que, por vivermos em um mundo imerso na tecnologia, estamos acostumados a certos confortos, como água encanada, luz elétrica, sapatos, Internet, e outros. Alguns desses elementos técnicos estão de tal maneira presentes na vida das pessoas que sua visão e significação do mundo passa necessariamente por essa base. Deste modo, um melhor proveito das novas tecnologias da informação no contexto educacional, exige que os conteúdos de

aprendizagem não apenas estejam disponíveis nos dispositivos e canais de comunicação, mas, que usem linguagens e metodologias que verdadeiramente se comuniquem com os estudantes.

Seguindo o pensamento de Bassedas *et al.* (1996), não faz sentido pensar um processo de aprendizagem voltado para o êxito escolar do estudante sem tomar o professor como um elemento igualmente importante. De acordo com Perrenoud e Schilling (2001), para que haja êxito escolar, o professor é o principal elemento a ser modificado. Por esse motivo, a inserção e a adaptação de recursos computacionais precisam levar em consideração a atuação e o papel do professor no contexto educacional, papel este que, gradativamente, migra de uma posição centralizadora, para uma postura de mediação.

O papel de mediador pressupõe o professor como um impulsionador da busca pelo conhecimento, que atue não como simples apresentador de conteúdo, mas, como agente de promoção de oportunidades que colaborem com o desenvolvimento do estudante, do seu pensamento crítico e da sua autonomia na busca pelo conhecimento (Chiovatto, 2000). Nesse sentido, a inserção de recursos computacionais no contexto de educação, implica em proporcionar ao docente um ambiente no qual ele se sinta seguro, livre e motivado a exercitar sua criatividade. Para que isso ocorra, é fundamental que as novas ferramentas e metodologias o façam sentir-se menos ameaçado com uma suposta perda de autoridade e centralidade, e mais empoderado com as oportunidades ação e intervenção (Perrenoud e Schilling, 2001).

2.2 Teorias Sociopedagógicas

Para realizar qualquer intervenção no processo de ensino-aprendizagem é preciso entender como ele acontece, por isso, é necessário adentrar na discussão sobre abordagens e concepções pedagógicas (Bassedas *et al.*, 1996). Assim, um paradigma de educação mais focado no uso do computador foi proposto por Seymour (1994) a partir das ideias de diferentes pensadores.

2.2.1 A Construção do Conhecimento a partir da Experiência

De acordo com vários teóricos da educação, dentre eles, Seymour Papert, a inserção dos recursos computacionais no processo de ensino-aprendizagem pode colaborar com a urgente demanda de atualizar as metodologias educacionais (Almeida, 2000). Assim, baseado em teorias de importantes pensadores como Dewey, Piaget, Freire e Vygotsky, Papert propõe um novo paradigma pedagógico, o Construcionismo, no qual os processos educacionais precisam ser totalmente remodelados e, para isso, deve-se romper totalmente com toda as metodologias anteriores (Almeida, 2000).

Nesta seção, serão apresentados alguns elementos das concepções pedagógicas que contribuam para o desenvolvimento do Construcionismo de Papert.

2.2.1.1 Método por Descoberta

John Dewey propôs uma concepção de educação com base empírica a partir da aplicação do método científico, salientando a aquisição do conhecimento como um processo de reconstrução contínua a partir da reflexão sobre as experiências anteriores do indivíduo (Dewey, 1971).

Segundo Almeida (2000), o uso do método empírico envolve quatro etapas:

1. **Ação:** experiência a partir de um objeto físico.
2. **Testagem:** reflexão para testar as hipóteses levantadas, o que permite encontrar outros objetos.
3. **Depuração:** comparação entre os resultados obtidos e os esperados, a fim de corrigir os erros cometidos ou confirmar o que já se esperava.
4. **Generalização:** transferência dos resultados a situações diferentes a partir da observação de novas experiências.

Esta abordagem de Dewey leva em consideração que toda experiência humana decorre de interações e que é papel do professor compreender o processo de aprendizagem dos alunos, conhecendo seus interesses, necessidades, capacidades e experiências anteriores, para que possa propor ações que possibilitem novas interações e experiências significativas. Assim, tanto o professor, quanto o aluno precisam estar engajados como parceiros e assumindo uma postura de aprendizado (Almeida, 2000).

2.2.1.2 Educação Emancipadora

Paulo Freire critica a concepção dos processos de ensino-aprendizagem voltados a mera transmissão do conhecimento, considerando a acumulação deste por parte do aluno, como um ‘depósito’ para uso futuro. Tal modelo é chamado por ele de educação bancária e é contraposto pela sua proposta pedagógica de caráter progressista e libertador (Freire, 1987; Almeida, 2000).

A pedagogia proposta por Paulo Freire preocupa-se com que o aluno construa seu próprio conhecimento através da experiência direta, aprendendo a ler a palavra a partir do mundo (Almeida, 2000). Assim, para Freire, a escola precisa ser completamente modificada e atualizada, embora mantendo a sua condição de espaço-tempo que proporciona “o conhecimento do conhecimento já existente”, a fim de se que possa produzir novos conhecimentos (Freire e Papert, 1996).

2.2.1.3 Conhecimento como construção progressiva

De acordo com Almeida (2000), Piaget afirma que o conhecimento não é transmitido, mas, construído progressivamente a partir de interações entre o sujeito e seu meio. Assim, para Piaget, a inteligência é um recurso que possibilita a adaptação do sujeito ao meio, mas, que depende da combinação entre a assimilação e a acomodação.

Os processos de assimilação são caracterizados pela atuação do sujeito sobre um objeto, onde os elementos deste objeto são incorporados às estruturas existentes ou em formação no sujeito. Já os processos de acomodação estão relacionados a atuação do sujeito sobre si próprio, a partir da transformação que os elementos assimilados provocam no próprio sujeito. Assim, o conhecimento é construído no processo de adaptação do sujeito que acontece no equilíbrio entre a assimilação e a acomodação, a partir da interação com um objeto. (Almeida, 2000).

Tendo isso como pressuposto, seria função dos processos pedagógicos promover interações (experimentações) entre o sujeito e os objetos que favorecessem a construção progressiva das estruturas de inteligência a partir da reflexão e da descoberta.

2.2.1.4 Zona de Desenvolvimento Proximal

Vygotsky propôs a teoria histórico-social onde afirma que o conhecimento é edificado e construído a partir dos contextos sociais da aprendizagem (Vygotsky, 1998). Assim, fica evidenciada a importância da cultura na aprendizagem, pois, é a cultura que determina quais habilidades e saberes são necessárias para estar socialmente presente na e com a sociedade.

Rego (2013) afirma que para que a aprendizagem aconteça é fundamental que se tenha: (a) mediação, (b) linguagem, (c) processo de internalização e (d) níveis de desenvolvimento. Destes quatro elementos, destacamos a mediação e os níveis de desenvolvimento, onde, no primeiro momento, a relação do ser humano com o mundo, e consequentemente sua aprendizagem, é entendida como uma relação mediada por objetos, símbolos, outro ser humano ou elementos. Nessa perspectiva, o papel social do professor e da tecnologia é o de mediar o processo de aprendizagem.

No momento seguinte, é preciso considerar que, pela teoria histórico-social, o ser humano possui um nível de desenvolvimento atual e um nível potencial. O atual tem relação com aquilo que o estudante já conhece e, portanto, sabe fazer por conta própria, isto é, o conhecimento já construído, enquanto o potencial diz respeito às possibilidades de conhecimento a ser construído. Assim, Vygotsky (1998) infere a existência de uma distância entre os níveis de desenvolvimento atual e potencial, a qual chama de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Desse modo, o professor deve conhecer o que cada aluno já traz consigo e o que poderá construir para, assim, identificar a ZDP de cada um e atuar adequadamente no processo de aprendizagem, ajudando no estabelecimento de novas estruturas e conhecimentos Almeida (2000). Assim, é

importante salientar que a inserção das novas tecnologia nos processos educacionais pode auxiliar o professor tanto na identificação quanto na criação da ZDP, além de permitir um nível de autonomia do estudante no processo de busca e construção do conhecimento.

2.2.2 A Abordagem Construcionista

No Construcionismo, o estudante assume o papel de principal sujeito do processo educacional (aprendizagem ativa) de modo que o computador seria uma ferramenta para construção do conhecimento e do seu próprio desenvolvimento (Valente, 1993). Esse pressuposto, o diferencia de outra abordagem conhecida como Instrucionista, em que o computador e os *softwares* são vistos como máquina de ensinar e são utilizados apenas ou como objeto de estudo (um componente curricular a mais) ou como meio de instrução, isto é, de simples transmissão de um conteúdo, sem preocupação de levar o estudante a um conhecimento crítico, mas, simplesmente reproduzir um conteúdo pré-estabelecido (Almeida, 2000; Valente, 1993).

Em contraposição ao Instrucionismo, que tem o foco no uso de *softwares* tutoriais, Papert leva a um outro patamar as teorias construtivistas, especialmente, as de Piaget. A partir da noção piagetiana de que a criança constroi novos conceitos a partir da interação com objetos do contexto em que ela vive, Papert propõe uma abordagem onde o educando, literalmente, ao construir um objeto do seu próprio interesse através do computador, constroi também seu próprio conhecimento (Valente, 1993).

A proposta inicial de Papert utiliza uma linguagem de programação chamada Logo para mediar o processo de aprendizagem. Entretanto, essa abordagem pode ser extrapolada no que diz respeito ao uso de uma linguagem específica. Assim, é possível transferir algumas das atividades propostas no Construcionismo para fora do contexto de programação (Almeida, 2000). Vale ressaltar que a construção de um ambiente de aprendizagem baseada no Construcionismo necessita que o *software* tenha características que permitam quatro atividades básicas (Valente, 1993):

1. **Descrição:** descrição das ideias para solução de um problema;
2. **Execução:** executar as ações descritas com vistas a resolver tal problema;
3. **Reflexão:** refletir sobre o produto da ação, sobre os conceitos empregados, sobre os erros ou falhas durante o processo;
4. **Depuração:** quando o resultado não corresponde ao que foi idealizado, então, é necessário revisar e modificar a descrição para novamente executar e refletir sobre a resolução do problema.

Para o Construcionismo, não pode haver a mera inserção de tecnologia nos processos de ensino-aprendizagem e uma melhor transmissão de conteúdos pré-estabelecidos não é o objetivo da informática na educação, mas, as novas tecnologias devem realizar uma transformação no

modo como a educação acontece, deve-se passar a um processo em que os recursos computacionais são utilizados como ferramentas que proporcionam ao estudante meios de avançar na busca pelo conhecimento (Almeida, 2000).

É importante salientar que, para uma real transformação da educação mediada pelo uso de computadores, é necessário haver mudança no sistema educacional, em especial, no processo de formação dos professores, visto que, são eles os principais mediadores dos processos de aprendizagem. Essa mudança deve acontecer, especialmente, no modo como a aula é preparada, conduzida e o desempenho do aluno é analisado e, o primeiro passo rumo a essa mudança é entender que a educação não é simples transferência de conhecimento, mas, um verdadeiro processo de construção do conhecimento pelo aluno, onde o computador é um catalisador e o professor um necessário mediador (Valente, 1993).

2.3 Computação Aplicada à Educação

O principal objetivo do uso de computadores vestíveis, dispositivos móveis ou sensores na educação é facilitar e colaborar com o processo de ensino-aprendizagem. Nesta proposta, a essa integração entre sala de aula e tecnologia denominamos Educação Digital. Assim, elementos como Objetos de Aprendizagem, Ambientes de Sala de Aula Inteligente e Ferramentas de Autoria e Avaliação de Desempenho do aluno são importantes para entender os processos relacionados à Educação Digital. Tais conceitos serão apresentados nesta seção.

2.3.1 Objetos de Aprendizagem

Seja em processos educativos mais tradicionais, seja onde há primazia da autonomia do estudante na construção do conhecimento, a inserção das novas tecnologias na educação tem demandado a geração de diversos materiais educacionais (Tarouco *et al.*, 2004).

Esses materiais são o que chamamos de “Objetos de Aprendizagem” (OA) e podem ser categorizados, armazenados, distribuídos ou reusados e sempre estão atrelados a educação apoiada por tecnologia. Sendo assim, são considerados objetos de aprendizagem: imagens, gráficos, vídeos, áudios, *slides* ou qualquer outra ferramenta ou recurso digital com finalidade educacional que contenha informações sobre o contexto de utilização (Tarouco *et al.*, 2004).

Além da **reusabilidade**, OAs possuem ainda as seguintes características: **(i) acessibilidade:** possível de ser usado remotamente e simultaneamente em diversos lugares; **(ii) portabilidade:** um recurso produzido em um local e ferramenta pode ser usado em outro local com outra ferramenta; **(iii) modularidade:** um objeto pode estar contido em outro, podendo ser combinados; **(iv) autossuficiência:** um objeto não depende de outros para fazer sentido; **(v) metadados:** são descritos por metadados como nome do autor, data, idioma, objetivos educacionais (Tarouco *et al.*, 2004; Sabbatini, 2013).

Considerando que um objeto de aprendizagem é um recurso didático (vídeo, slide, áudio, imagem, etc) a ser inserido no processo educativo, a composição e a efetiva utilização destes objetos em um sistema ou ambiente de ensino-aprendizagem faz parte do que chamamos de aula. No contexto desta proposta, esses objetos seriam acionados e utilizados, de acordo com a necessidade e, a partir da interação do estudante com o sistema. Assim, de acordo com o perfil de cada estudante, enquanto, para um aluno, o sistema sugere um vídeo, para outro aluno, ele pode sugerir um jogo de caça-palavras.

2.3.2 Ambientes de Sala de aula inteligente

Enquanto Gligorić *et al.* (2012) considera que uma sala de aula inteligente é uma sala de aula que provê, em tempo real, *feedback* automático, por exemplo, sobre a qualidade da aula, podendo também ser um ambiente inteligente equipado com diferentes tipos de *hardware* e *software*, para Bargaoui e Bdiwi (2014), o que caracteriza esses ambientes é o fato de eles serem projetados de modo a permitir o controle dos equipamentos audiovisuais, computadores, projetores, lousas interativas com o objetivo de facilitar a interação entre professores e alunos.

Assim, a leitura de diversos trabalhos relacionados, aponta para a percepção de que uma sala de aula inteligente é caracterizada pela inserção de dispositivos computacionais como *tablets*, lousas inteligentes ou sensores diversos que possibilitem maior interatividade e algum nível de inferência para recomendações ou notificações ao professor ou ao aluno, utilizando elementos de computação pervasiva ou Internet das Coisas (Margetis *et al.*, 2011; Santana-Mancilla *et al.*, 2013; Dekdouk, 2012).

Outra interpretação de sala de aula inteligente pode ser feita a luz de trabalhos focados na construção de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Assim, alguns dos trabalhos relacionados a AVA apresentam arquiteturas e implementações, baseadas em tecnologia Web ou de dispositivos móveis, para proporcionar interação virtual entre os alunos (Monteiro *et al.*, 2015) ou ambientes de aprendizagem colaborativa (Brito *et al.*, 2002; Netto *et al.*, 2003).

2.3.3 Ferramentas de Autoria e Avaliação do Desempenho do Aluno

A inserção e o uso de objetos de aprendizagem em Educação Digital supõe, num momento anterior, a criação de tais objetos. Para isso, são utilizadas ferramentas de autoria, que permitem ao professor, mesmo sem profundos conhecimentos de informática, criar materiais educacionais através de manipulação, desenvolvimento e uso de objetos de aprendizagem (OA) (Flôres *et al.*, 2011).

Desse modo, na literatura, podem ser encontradas diversas abordagens e metodologias que propõem tanto novas ferramentas pra criação de objetos de aprendizagem (Orlandi e Isotani, 2012; Flôres *et al.*, 2011) quanto o uso de *softwares* consolidados no mercado e, por isso, de fácil acesso (Passos *et al.*, 2010). Além disso, para melhor contribuir com a qualidade da

aprendizagem, uma ferramenta de autoria precisa ser adequada a criar OAs contextualizados, por isso, baseando-se em Kolb (2014), Gagné (2013) e Wiley (2000), Flôres *et al.* (2011) define um conjunto de funcionalidades que precisam estar presentes em uma ferramenta de autoria para a construção de OAs contextualizados (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Funcionalidades dos OAs em uma ferramenta de autoria

FUNCIONALIDADE	DESCRIÇÃO
Applet Java	Permite o uso de aplicativos desenvolvidos em Java como simulações, jogos, animações, vídeos, modelos 3D
Apresentação de Slides	Permite inserir apresentações de slides no OA
Leituras	Permite disponibilizar textos que servirão como embasamento e orientação sobre o assunto do OA.
Estudo de Caso	Permite simular determinada situação problema, com possíveis cenários, atores e fatos
Atividades com Texto Livre	Permite incluir textos livres com informações gerais, instruções, exemplos, curiosidades, leituras, sobre o assunto do OA.
Feeds (ou feed RSS)	Permite seleção de <i>sites</i> que tratam de assuntos ligado ao do OA.
Site da Web	Permite colocar links para sites relacionados com o tema do OA.
Galeria de Imagens	Permite colocar várias imagens para ilustrar o conteúdo.
Ampliação de Imagens	Permite ampliar uma imagem para investigar suas características.
Objetivo	Permite descrever o resultado de aprendizagem esperado quando os alunos tiverem concluído a atividade.
Pré-requisitos	Permite descrever os conhecimentos prévios necessários para que os alunos possam completar efetivamente sua aprendizagem.
Questionário	Permite criar questões que visam melhorar o desempenho do aluno. O professor poderá elencar dicas e <i>feedback</i> para cada uma das questões.
Questões Múltipla Escolha	Permite criar questões objetivas com apenas uma resposta correta.
Questão de Seleção Múltipla	Permite criar questões de múltipla escolha com duas ou mais respostas corretas.
Questão Verdadeiro-Falso	Permite criar questões que apresentem uma declaração a ser analisada, para que o aluno determine se ela é verdadeira ou não.
Exercícios Cloze	Permite criar questões em forma de texto ou frases em que o aluno deve preencher as lacunas com as palavras que faltam.
Reflexão	Permite criar questões que dão oportunidade aos alunos de observar e refletir sobre suas observações.
Completar	Permite criar questões para serem completas com palavras: arrastando os textos, ou selecionando, ou escrevendo.

Com relação a avaliação do desempenho dos alunos ao longo dos processos de ensino-aprendizagem são encontradas abordagens que simplesmente inserem cálculos tradicionais de pontuação (Orlandi e Isotani, 2012), mas, há ainda propostas de ferramentas que utilizam dados provenientes da interação com o material didático ou da participação do aluno em atividades virtuais como fóruns, bate-papos, etc (Lucena *et al.*, 2015; Nunes *et al.*, 2016; Malvezzi *et al.*, 2010).

2.4 Resumo

Este capítulo descreveu os principais conceitos para o entendimento deste trabalho. Assim, na Seção 2.1 foram introduzidos conceitos e discussões sobre educação escolar e fracasso escolar, além da necessidade de modificações das práticas pedagógicas visando maior êxito dos atores envolvidos nesse processo.

Na Seção 2.2 foram brevemente apresentadas as teorias de John Dewey, Paulo Freire, Jean Piaget e Lev Vygotsky que serviram de base para o desenvolvimento do paradigma Construcionista de Seymour Papert. Além disso, foi feita uma explanação do Construcionismo em oposição a abordagem Instrucionista, onde é apontado como o Construcionismo rompe com o modelo tradicional de educação no qual o processo de ensino-aprendizagem é tido como mera transmissão de conhecimento e o professor como único ou maior detentor deste conhecimento.

Na Seção 2.3 foram apresentados conceitos relacionados à inserção da computação na Educação, assim, foram abordados temas como Objetos de Aprendizagem, Ambientes de Sala de Aula Inteligente, Ferramentas de Autoria e de Avaliação do Desempenho dos Alunos que são muito utilizados no projeto e implementação de salas de aula inteligentes.

Capítulo 3

Trabalhos Correlatos

Este capítulo apresenta e discute os principais trabalhos existentes na literatura e que se relacionam com a proposta desta dissertação. Por essa razão, as pesquisas abordadas a seguir são propostas de desenvolvimento de ambientes de sala de aula com inserção de novas tecnologias, isto é, ambientes de sala de aula inteligente (do inglês, *smart classroom*). Além disso, são apresentados também trabalhos relacionados a autoria de objetos de aprendizagem e avaliação do desempenho dos estudantes em aulas apoiadas por tecnologia.

3.1 Ambientes de Aprendizagem

García *et al.* (2010) afirma que há dois tipos de aprendizado: o formal, que ocorre dentro da sala de aula, e o informal, que acontece fora dela. O primeiro tipo é mais comum na educação escolar tradicional, entretanto, o segundo tipo inclui todos os lugares que não sejam, à primeira vista, um ambiente de sala de aula em si. Nessa perspectiva, a casa do estudante, um museu, um parque, ou qualquer outro local pode ser considerado ambiente de aprendizagem, visto que está passível de ocorrer nele uma situação de aprendizado informal. Considerando esses fatores, classificaremos os ambientes de sala de aula inteligente em dois tipos:

1. **Ambiente interno:** são aqueles desenvolvidos num contexto de salas de aula formal. Trabalhos relacionados ao ensino à distância, ao uso de dispositivos móveis, sensores ou computadores vestíveis que necessitem da presença dos estudantes e do professor simultaneamente e que simule uma sala de aula formal também estão contidos nesta classificação.
2. **Ambiente externo:** contextos educacionais ao ar livre o que implica em ambientes mais abertos como museus, zoológicos, parques, ou até mesmo a casa do estudante. Trabalhos relacionados ao ensino à distância, ao uso de dispositivos móveis, sensores ou computadores vestíveis que permitam mobilidade e liberdade dos estudantes em relação ao conteúdo e tempo de estudo também se encaixam nessa classificação.

3.1.1 Ambiente Interno de Aprendizagem

Bargaoui e Bdiwi (2014) apresentam um *Gateway* para conectar os múltiplos dispositivos utilizados numa sala de aula inteligente. Para construção da solução são utilizados RFID, servidor de dados, ferramentas de administração, lousa inteligente, *Raspberry-Pi*, OSGi (*Open Service Gateway Initiative*) e dispositivos inteligentes diversos. Como trabalhos futuros, é sugerida a criação de um modelo de avaliação da experiência do estudante e compará-lo com uma sala de aula clássica.

Margetis *et al.* (2011) descrevem uma abordagem a partir da aplicação de Inteligência de Ambientes em sala de aula e faz um levantamento de requisitos importantes a serem levados em consideração a fim de ajudar de modo mais eficiente na melhoria da educação dos estudantes. Utiliza um *framework* chamado ClassMATE (*Classroom Multiplatform Augmented Technology Environment*) dentre outras ferramentas como: FAMINE (*FORTH's AMI Network Environment*), PERSONAF (*Personalised Pervasive Scrutable Ontological Framework*), *Learning Technology Systems Architecture* (LTSA), Desk aumentado, lousa inteligente, PUPIL (um *front-end educacional*) que são aplicações eletrônicas para sala de aula (Figura 3.1).

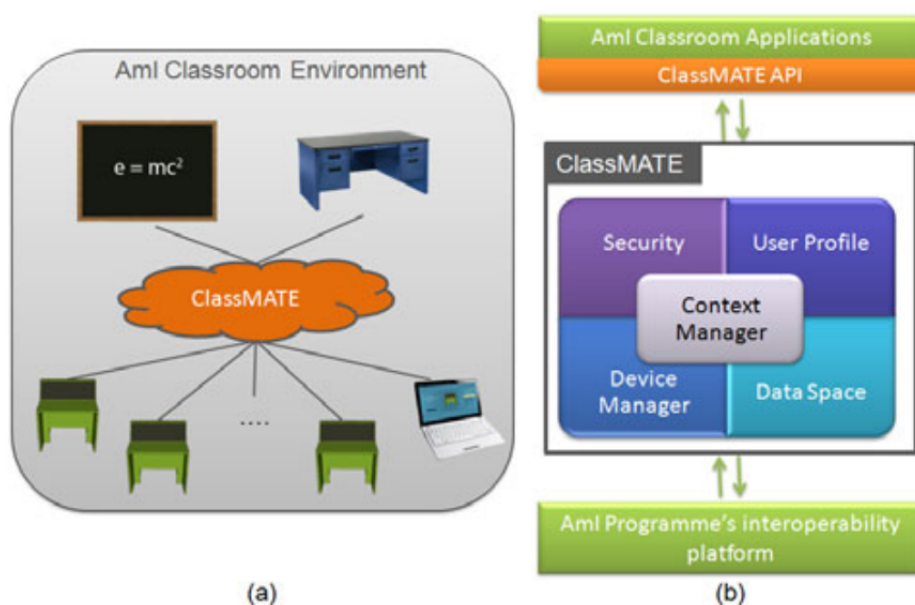


Figura 3.1: (a) Cenário do ClassMATE. (b) Arquitetura do ClassMATE

Chang *et al.* (2014) apresentam soluções de transformação de salas de aula tradicionais em salas de aula inteligentes baseadas em Internet das Coisas (IoT). Apresentam a definição de uma estrutura IoT composta por quatro camadas: *Perceptive Layer*, *Network Layer*, *Processing Layer*, *Application Layer*. Afirma que há uma relação entre essas camadas e uma sala de aula. Assim, para tornar uma escola tradicional uma escola inteligente é necessário atingir três pontos:

1. "Transformar uma sala de aula tradicional em uma IoT-base" através da instalação de um Set-top-box (STB) com webcam, RFID, Wifi e outras ferramentas de transmissão de dados (Figura 3.2).

2. Analisar o comportamento de aprendizagem dos alunos usando o RFID instalado no STB para identificar individualmente a presença do aluno na sala, além de enviar informações das respostas dos exercícios no *tablet* ou *smartphone* para gerar estatísticas relativas ao desempenho e às dificuldades dos alunos em determinado conteúdo de uma disciplina;
3. Gerenciar dispositivos inteligentemente usando *tablet* se comunicando através de Zigbee¹ para controlar dispositivos como projetor, ventilador, ar-condicionado e luzes.

Ao detalhar os componentes de cada um desses pontos, o artigo apresenta em qual camada IoT um componente específico está localizado.

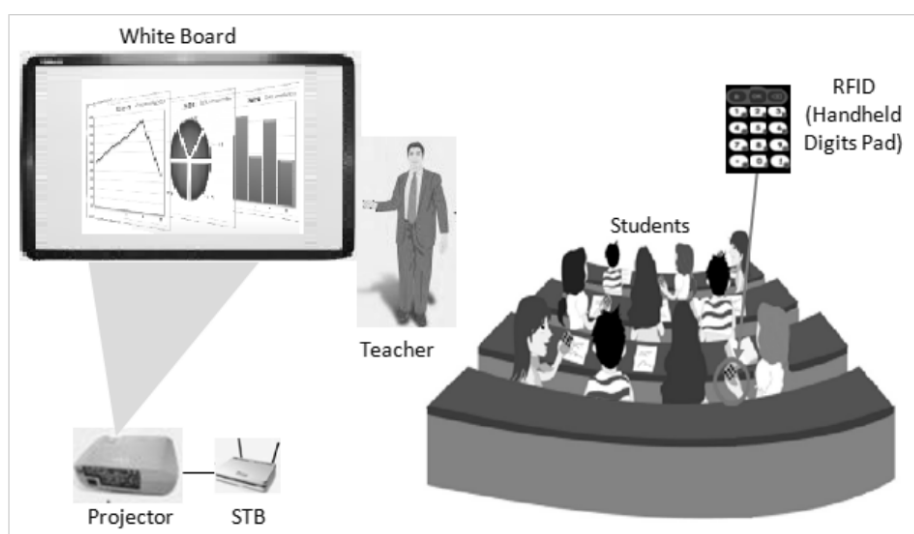


Figura 3.2: Cenário de Sala de Aula Inteligente

Savvaki *et al.* (2013) apresentam o projeto de uma nova mesa (desk) para estudantes em uma sala de aula inteligente. A nova configuração utiliza como requisitos de projeto elementos de Estética, Usabilidade, Tecnologia e Viabilidade. Inicialmente, foram projetadas quatro alternativas baseadas no uso de tablet, mas, a versão final propõe um computador *all-in-one* embarcado em uma estrutura que também permite atividades baseadas em papel (Figura 3.3). Duas mesas adjacentes podem se conectar e possibilitar atividades colaborativas e, assim, promover trabalhos em equipe.

O trabalho de Zhang *et al.* (2003) foca em aprendizado remoto que utiliza: protocolo multicast híbrido aplicação-camada, um software dedicado chamado "*SameView*", uma sala de aula inteligente que é uma sala de aula ampliada com telas do tamanho da parede, sensores, câmeras e módulos de percepção e computação associados, alguns tipos de tecnologia de computação de padrões de aprendizagem, aprendizagem de interconexão através de protocolos de comunicação com e sem fio. A ideia é proporcionar maior participação na aula para quem está assistindo remotamente.

Mathioudakis *et al.* (2013) apresentam uma abordagem centrada no aluno para dar apoio aos professores na melhoria do processo de aprendizado em ambientes educacionais. O sistema

¹Tecnologia de comunicação sem fio desenvolvida pela *Zigbee Alliance* como padrão global aberto visando baixos custo e consumo de energia (Digi, 2017)



Figura 3.3: Mesa de estudos inteligente

proposto apresenta uma infraestrutura multiagente inteligente que monitora, discretamente, as atividades dos alunos e notifica o professor, em tempo real, sobre as potenciais deficiências e armadilhas que precisam ser tratadas. O trabalho também aborda a questão da identificação do comportamento e análise de estatística de sala de aula.

O trabalho de Hwang *et al.* (2009) está contextualizado no ensino da prática de laboratório de Difração de Raios X de cristal único para pesquisadores inexperientes. O sistema identifica em que parte do laboratório o estudante está e, assim, infere a atividade que será executada por ele. Associando essa informação de contexto à temperatura ambiente, o estudante recebe instruções dos procedimentos que devem ser feitos, por exemplo, a seleção de um cristal de qualidade e tamanho adequado para a atividade a ser feita. Essas instruções são passadas através de um PDA (*Personal Digital Assistant*). A efetividade do sistema foi medida através de pesquisa de opinião com os próprios estudantes que relataram uma melhoria no desempenho e na praticidade das aulas de laboratório.

Para Santana-Mancilla *et al.* (2013), simplesmente utilizar dispositivos móveis em sala de aula não é suficiente, é necessário que esses dispositivos se comuniquem entre si e contribuam com a melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Este trabalho descreve a aplicação do conceito de Inteligência de Ambientes para criação de um ambiente educacional adaptado e personalizado, no caso, em escolas mexicanas. Foram utilizadas duas placas (mestre e escrava). A placa mestre (com um microcontrolador Pic18f4550) é a responsável pela interação com a sala de aula inteligente, monitoramento de temperatura, quantidade de luz ambiente, presença do professor para ligar o projetor e um *display LCD* para monitoramento de todos os componentes. Entretanto, nada é explicitamente dito sobre o funcionamento da placa escrava.

Dekdouk (2012) introduz um ambiente de sala de aula inteligente baseado em "*mobile learning*" com uso de *tablets*, *RFID* e servidor de gerenciamento do ambiente (*WebCT/Moodle*) focado na interação do estudante com o conteúdo (exemplo de aula de física) através do tablet e de uma lousa inteligente (Figura 3.4). Nesse ambiente, também é possível fazer trabalhos em grupos. O trabalho apresenta um cenário e um esboço de um protocolo de comunicação, entretanto, não são executados testes e não é feito reconhecimento de atividades ou comportamentos.

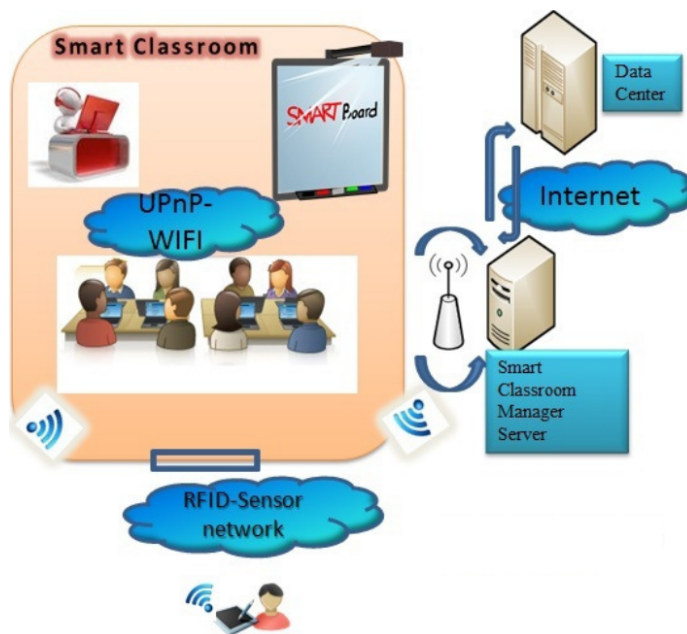


Figura 3.4: Sala de aula inteligente

Gligorić *et al.* (2012) apresentam um sistema de inferência da qualidade de uma palestra com ênfase na aplicação de Internet das Coisas (IoT) em Sala de Aula Inteligente. Neste trabalho é discutido como Inteligência de Ambientes pode ser usada para oferecer um *feedback* automático e em tempo real da qualidade de uma palestra em auditório baseando-se em parâmetros. Utilizando sensores de ruído, *Passive Infrared* (PIR), câmeras de vídeo e microfones. A inferência da qualidade da palestra é feita a partir do nível de interesse da plateia, que pode ser medido pela inquietação dos ouvintes e pelo ruído ambiente.

Após apresentados e discutidos alguns pontos dos trabalhos correlatos que abordam a construção de ambientes de internos de aprendizagem, nota-se que a abordagem proposta nesta dissertação se diferencia das pesquisas relacionadas expostas até o momento, especialmente no que diz respeito à materialidade do ambiente proposto. Nesta dissertação, trabalha-se igualmente na construção de um ambiente baseado em sala de aula presencial, mas, não se mantém o foco unicamente na construção de novos dispositivos ou aparatos físicos, como os trabalhos apresentados nesta Seção 3.1.1. A maior parte das intervenções contidas no método proposto nesta dissertação, diz respeito à inserção de tecnologia usando o conceito de computação pervasiva, de modo que, a interação das pessoas com os dispositivos seja percebida como algo natural. Por isso, os diversos elementos de intervenção direta no ambiente de sala de aula propostos neste trabalho primam por utilizar equipamentos já existentes e muito utilizados no dia a dia, tais como, computadores pessoais, *smartphones* e *tablets*. Sendo assim, no sentido de construção de ambiente de sala de aula, a abordagem proposta tem também baixo custo de implantação, uma vez que é possível utilizar uma infraestrutura pré-existente em diversas escolas.

3.1.2 Ambiente Externo de Aprendizagem

Xue *et al.* (2011) descrevem um *framework* para criação de ambiente de aprendizado ubíquo baseado em Internet das Coisas e com três camadas: percepção, rede de computadores e aplicação. Apesar de não utilizar um sensor específico, este trabalho indica elementos que podem ser utilizados para construir um ambiente de aprendizado ubíquo e que seja integrado com qualquer sensor ou aplicação (Figura 3.5).

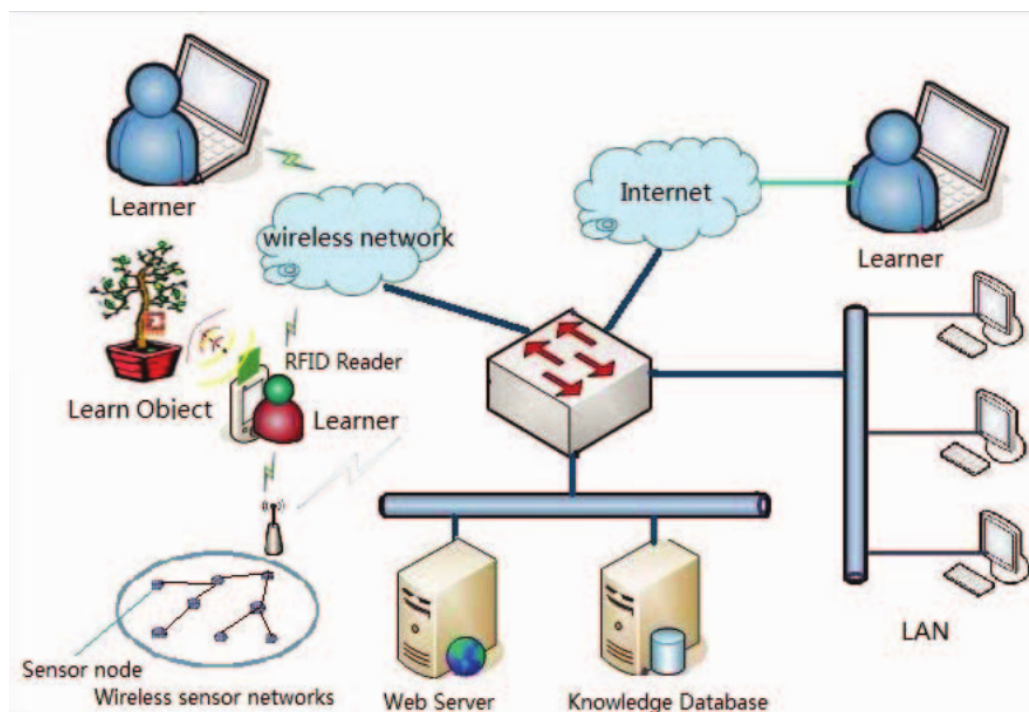


Figura 3.5: Arquitetura do Sistema de Aprendizagem Ubíqua

Oluwagbemi *et al.* (2014) apresentam uma revisão de literatura acerca das tendências da aplicação de métodos de computação pervasiva em ambientes de sala de aula apresenta trabalhos focados em *3D Printing*, *Quantified Self*, Assistentes Virtuais, Jogos e *Gamification*. Como trabalhos futuros é sugerida a adoção e implementação de um modelo nigeriano de ambiente de aprendizado em sala de aula.

Dong *et al.* (2007) apresentam um método de reconhecimento de contexto de aprendizagem baseado na Análise do Comportamento para recomendação de um calendário de estudos, quando o estudo é feito em casa, com o objetivo de incentivar o estudante a adquirir o hábito da aprendizagem. O trabalho utiliza sensores de RFID para detectar se os livros estão sobre a mesa de estudo e o sistema cruza essa informação com os dados dos professores e a demanda dos pais para considerar se o aluno está ou não em um contexto de aprendizagem. Se estiver, então, uma programação de estudos é feita pelo sistema. Entretanto, a avaliação do desempenho do sistema foi feita através de formulários aplicados aos estudantes, onde mais de 80% concordou que o sistema proposto contribui para a melhoria do processo de aprendizado.

Tan *et al.* (2007) propõem utilizar a tecnologia em ambientes de aprendizagem externa para ajudar num maior ganho educacional. Utilizando os conceitos de aprendizagem móvel, aprendizagem ubíqua e reconhecimento de contexto foi desenvolvido um sistema denominado "*Ubiquitous Learning with Educational Resources*" (EULER) baseado em RFID, Internet, redes sem fio, sistemas embarcados e tecnologias de Banco de Dados.

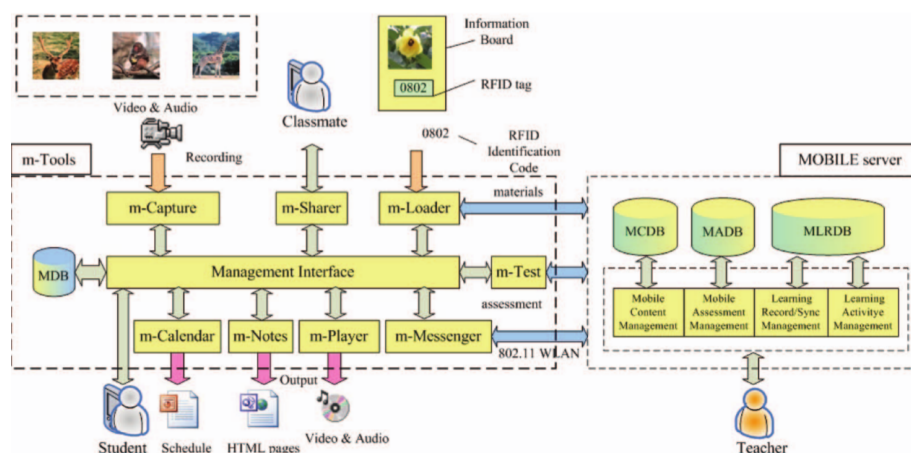


Figura 3.6: Estrutura do sistema EULER

O sistema EULER consiste em dois subsistemas (Figura 3.6): (a) Servidor "*MOBILE-Based Interactive Learning Environment*" (MOBILE) para uso do professor; (b) ferramentas móveis para os estudantes (m-Tools). O professor prepara e armazena o material didático (que pode conter temas, imagens, áudios e descrição textual) no servidor, construindo as relações entre este e os códigos RFID. Os alunos podem coletar e compartilhar dados, além de editar artigos ao seu próprio critério. Dentre as ferramentas do *m-Tools* que os estudantes podem usar estão: PDA, leitor RFID e câmera.

Com tudo configurado, a aula pode acontecer em qualquer ambiente externo, seja um museu, um zoológico ou um parque. A Figura 3.7 apresenta um cenário de uso do EULER no *Guandu Nature Park* em Taiwan.

Os experimentos foram executados com dois grupos de 36 alunos cada e o auxílio de quatro professores experientes em educação com uso de computadores. Um grupo experimental utilizou o EULER e um grupo de controle recebeu instrução tradicional. Os experimentos foram divididos em quatro fases e foram aplicados testes antes, durante e depois dos experimentos, com exceção do pré-teste, os estudantes que utilizaram o EULER obtiveram maior desempenho em todos os testes das quatro fases.

Após breve apresentação e discussão dos trabalhos correlatos à construção de ambientes externos de aprendizagem, nota-se que a abordagem proposta nesta dissertação tem grande proximidade, a maior parte desses trabalhos faz uso de metodologias de aprendizado ubíquo que permitem que a interação do estudante com o sistema seja a mais natural possível, mesmo em ambientes não controlados, como um museu ou um parque.

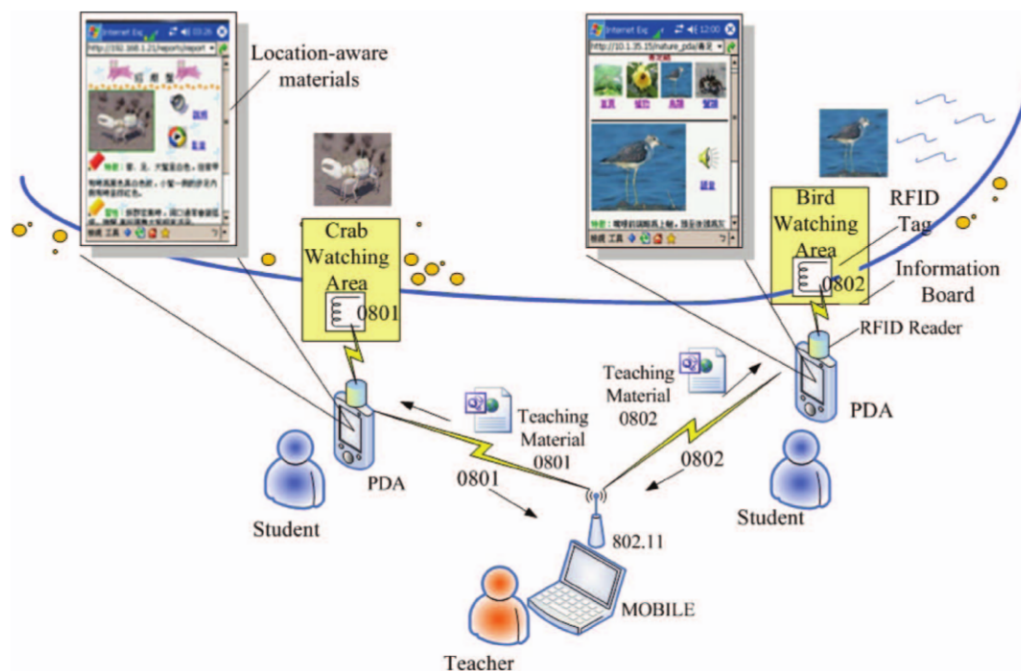


Figura 3.7: Cenário de uso do sistema EULER no Guandu Nature Park

É importante observar que, tanto os trabalhos voltados à construção de ambientes internos de aprendizagem, quanto os trabalhos que propõe metodologias para ambientes externos não apresentam: (i) ferramentas de apoio ao professor na fase de composição da aula; (ii) inserção de metodologias de ajuda sob demanda, especialmente, voltadas para a avaliação da aprendizagem dos estudantes; (iii) métricas de aprendizagem para análise *a posteriori* do desempenho dos estudantes após a execução de uma aula. Outro fator importante consiste de que a maior parte dos trabalhos que fazem alguma análise de desempenho, voltam-se para avaliação do sistema baseada unicamente em formulários de opinião aplicados aos estudantes. A proposta apresentada neste trabalho é avaliada utilizando métricas de aprendizagem que possibilitem ao professor fazer análises, inferências e, assim, tomar decisões que impactem positivamente o desempenho dos estudantes. Desse modo, a eficácia do método proposto neste trabalho está ligada à sua capacidade de apresentar métricas que permitam ao professor fazer um diagnóstico da turma para tomadas de decisões relacionadas às metodologias utilizadas durante a execução da aula.

3.2 Ferramentas de Autoria e de Avaliação do Desempenho

Ferramentas de autoria auxiliam o professor na criação, inserção e utilização de objetos de aprendizagem no material didático com vistas a facilitar o processo de ensino-aprendizagem e, assim, contribuir com o engajamento e a construção do conhecimento por parte dos estudantes. Além disso, há ainda pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de ferramentas específicas para a avaliação do desempenho dos estudantes a fim de melhorar o acompanhamento da aprendizagem

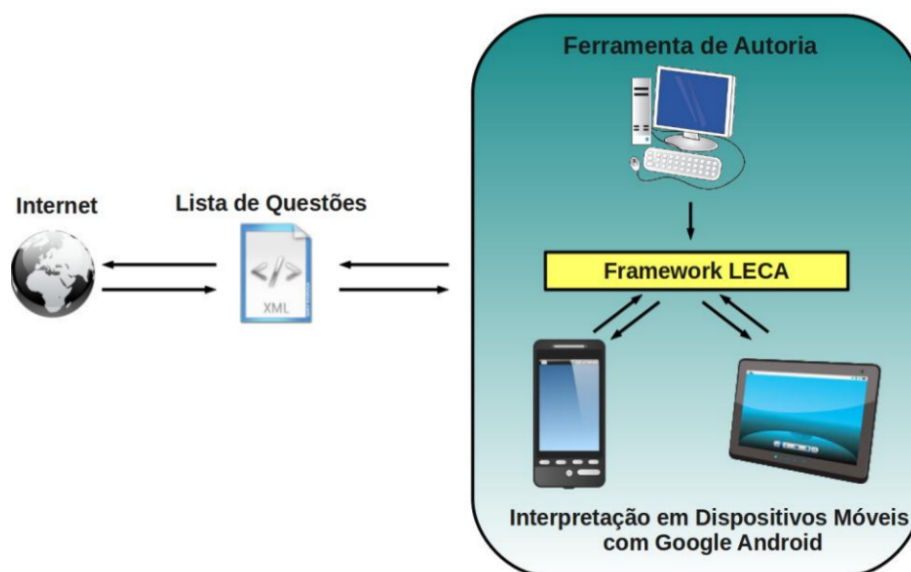


Figura 3.8: Arquitetura do LECA

por parte do professor. Desse modo, esta seção apresenta alguns trabalhos correlatos no que diz respeito aos métodos e ferramentas de autoria e de avaliação da aprendizagem.

Ferramentas de Autoria

Tendo em vista que, pacotes de aplicativos para escritório que contenham editores de texto, de planilhas ou de apresentação, como os da família *Office*, são amplamente difundidos e que, por isso, tais ferramentas podem ter seu uso facilmente direcionado para a criação de objetos de aprendizagem, Passos *et al.* (2010) propõem a inserção de códigos em VBA (*Visual Basic for Applications*) no Microsoft PowerPoint para criação de aplicações interativas que facilitem a aprendizagem dos conteúdos curriculares em escolas públicas de um município do interior do Estado do Amazonas/Brasil.

Orlandi e Isotani (2012) apresentam uma ferramenta de autoria para dispositivos móveis chamada LECA (Lista de Exercícios com Correção Automática), focada na criação e na responsividade de listas de exercícios de múltipla escolha com avaliação do desempenho do aluno através de pontuação. A Figura 3.8 apresenta o diagrama da relação do *framework* do LECA com as aplicações diversas, onde nota-se que o sistema é composto por uma parte de autoria das questões e por outra de visualização.

Guterres e Moraes (2014) descrevem uma plataforma para construção de objetos de aprendizagem com foco em usuários com pouco conhecimento de informática. A plataforma apresentada foi implementada usando tecnologias Web, dentre elas, HTML5, CSS e JQuery. A Figura 3.9 ilustra o diagrama de componentes desta plataforma, onde pode-se observar que ela tem duas partes principais: (a) Sistema de Autoria e (b) Sistema Web com Banco de Dados. Onde o Sistema de Autoria é o responsável de fato pela criação, modificação ou remoção dos OAs ou das páginas que

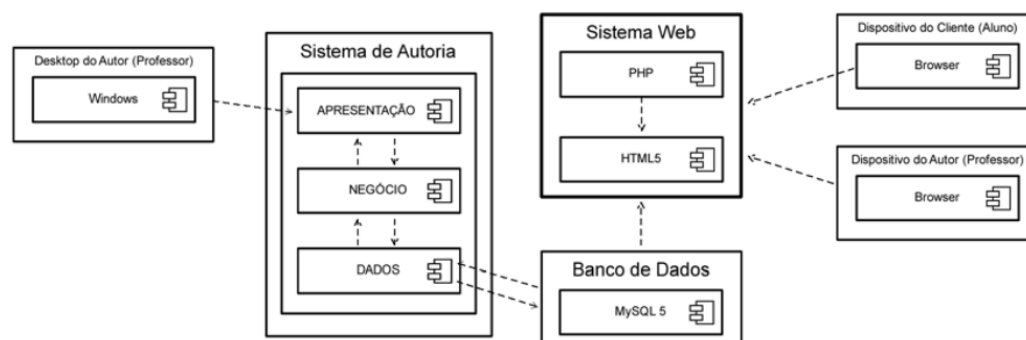


Figura 3.9: Estrutura da Plataforma “Fábrica de Objetos”

os compõem e o Sistema Web permite o gerenciamento destes OAs. Além disso, cada objeto de aprendizagem existente no repositório é organizado conforme ilustrado na Figura 3.10.

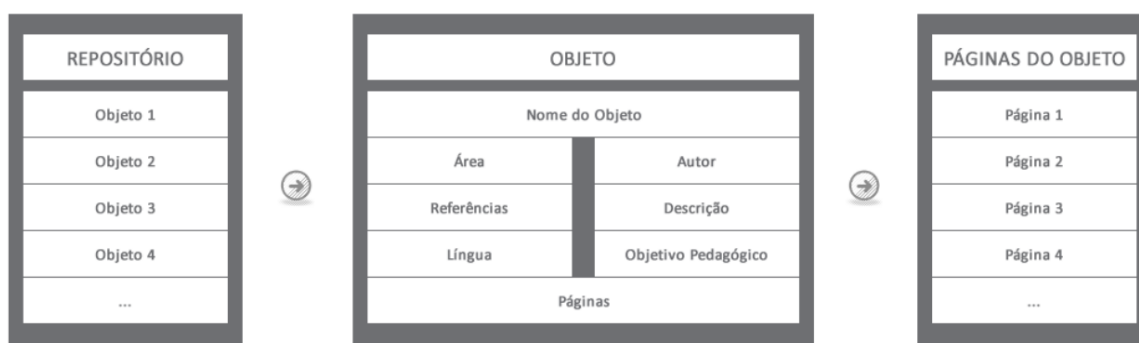


Figura 3.10: Estrutura dos OAs na plataforma “Fábrica de Objetos”

Ferramentas de Avaliação do Desempenho

Lucena *et al.* (2015) descrevem o WebMonitor, um *plugin* para monitoramento de *logs* de tarefas e participação em fóruns do Moodle. O monitoramento é realizado utilizando a técnica Treemap para visualização da informação a fim de auxiliar o professor na percepção do desempenho e comportamento dos estudantes. Na Figura 3.11, o WebMonitor exibe as interações de um aluno.

Nunes *et al.* (2016) propõem uma metodologia para avaliação de cursos semipresenciais ou híbridos, onde o desempenho é calculado a partir das notas e da participação do aluno. Baseando-se em *Learning Analytics*, a pesquisa seguiu os seguintes passos: (1) Capturar dados; (2) Reportar dados; (3) Predizer; (4) Adaptar; (5) Personalizar; e (6) Intervir. Como critério avaliativo, para cada aluno, foi calculada uma Nota Final (NF), a partir da Equação 3.1, onde: PT é dada pela Participação da Turma, seja virtual (fóruns, mensagens e chats), seja presencial (assiduidade, resolução de exercícios em sala, cumprimento de prazos de entrega); AE são Atividades Executadas e PE é a nota da Prova Escrita. Como *feedback*, são apresentados gráficos de quantidade de alunos aprovados e reprovados por turma (Figura 3.12), relação entre a nota da participação virtual ou presencial e o número de acessos por turma.

$$NF = \frac{(PT + AE + (PE * 2))}{4} \quad (3.1)$$

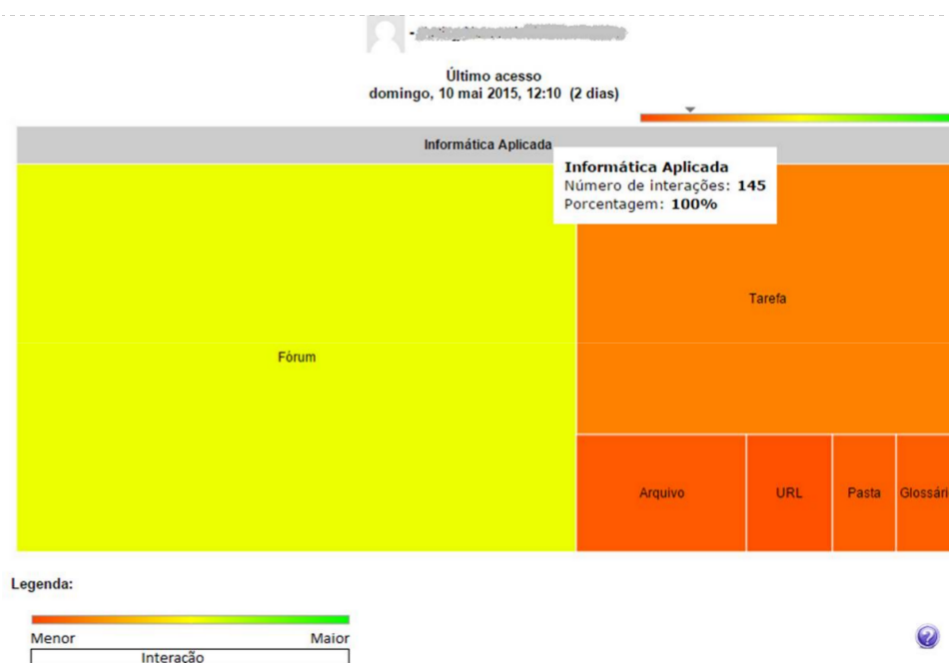


Figura 3.11: Exemplo do Treemap das interações de um estudante

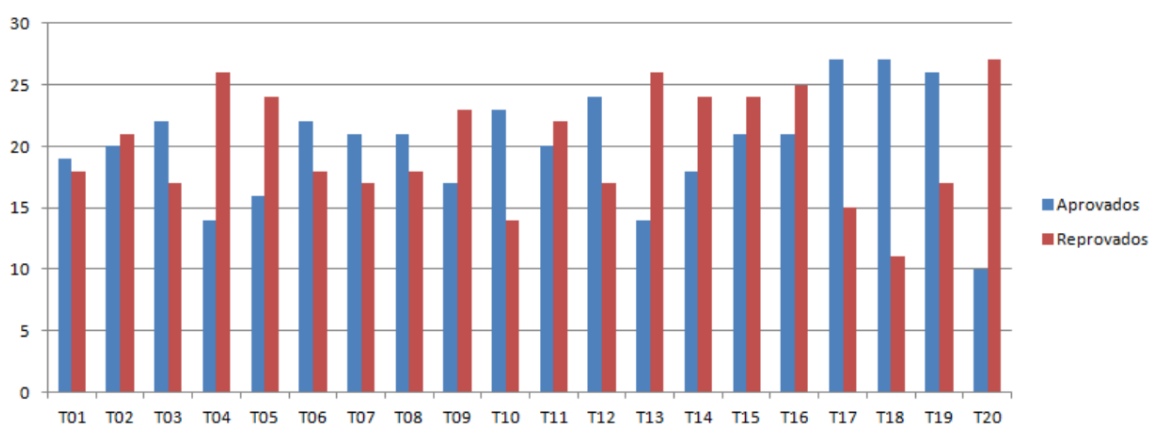


Figura 3.12: Alunos Aprovados e Reprovados por Turma

Os trabalhos apresentados aqui têm em comum o enfoque somente uma ou no máximo duas fases do processo de ensino-aprendizagem. Assim, ora há trabalhos que abordam a criação de objetos de aprendizagem juntamente com um ambiente para utilização, ora há trabalhos que apresentam ferramentas que apenas geram tais objetos. Da mesma forma, a maioria dos trabalhos apenas agrega ferramentas de avaliação a ambientes pré-existentes ou abstraem o ambiente que executará os OAs. Além disso, o enfoque dado pelos trabalhos relacionados a avaliação de desempenho do estudante não introduzem novas métricas de avaliação, apesar de alguns introduzirem novas formas de visualização de resultados, como faz Lucena *et al.* (2015). Desse modo, a plataforma proposta nesta dissertação, ao abranger as três fases de Criação, Condução e Avaliação de uma aula, de modo simples e eficiente, almeja contribuir com os esforços de aprimoramento destes processos através da inserção de recursos computacionais em salas de aula presenciais.

3.3 Resumo

Neste capítulo descrevemos e analisamos diversos trabalhos relacionados aos métodos e técnicas para criação de ambientes de sala de aula inteligente. Para essa apresentação, as pesquisas foram divididas em duas categorias e abordadas em diferentes seções.

Assim, na Seção 3.1.1, foram apresentados trabalhos com enfoque na construção de ambientes internos de aprendizagem, isto é, baseados em ambientes de educação que demandem a presença tanto dos professores quanto dos alunos de modo simultâneo.

Na Seção 3.1.2 foram abordados trabalhos baseados em ambientes externos de aprendizagem, isto é, que não exigem necessariamente um ambiente formal e fechado de sala de aula, mas, contextos e ambientes educacionais mais livres que permitem maior mobilidade ou ainda vivências diferenciadas, como uma visita a Museu ou a um zoológico.

Por fim, na Seção 3.2 foram abordados trabalhos relacionados a implementação de ferramentas com enfoque em autoria de objetos de aprendizagem ou em avaliação do desempenho de um estudante.

Após cada seção, foram feitos comentários diferenciando os trabalhos apresentados do método proposto nesta dissertação, com o objetivo de esclarecer melhor a contribuição deste para o estado-da-arte.

Capítulo 4

Método Proposto

Este capítulo descreve a arquitetura e as ferramentas propostas por este trabalho para a criação de um ambiente de educação apoiada por tecnologia, onde tais ferramentas auxiliem o professor ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

Zilse *et al.* (2016) afirmam que o processo de educação em sala de aula tem duas fases principais: (1) Composição da aula; e (2) Execução da aula. Na fase de execução, há a possibilidade de avaliação da aula a partir de *feedbacks* que o professor obtém através de comentários, comportamentos ou mesmo dos questionários que ele aplicou aos estudantes. Assim, o Modelo proposto nesta dissertação, consiste em uma arquitetura composta por quatro módulos que interagem entre si: (1) Compositor, (2) Servidor, (3) Player e (4) Métricas.

De acordo com o Modelo apresentado na Figura 4.1, pode-se perceber que o professor interage e atua no ambiente educacional durante todo o processo, isto é, da composição e execução da aula até a visualização dos gráficos gerados pelas interações dos estudantes com o conteúdo, que acontecem apenas durante a execução da aula e, sempre, mediadas pelo Player.

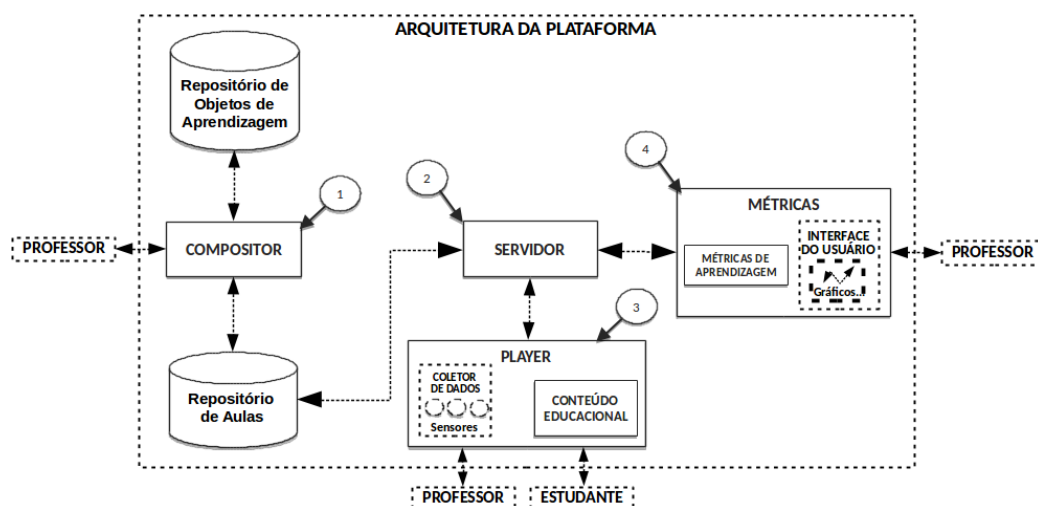


Figura 4.1: Arquitetura da Plataforma proposta

Este capítulo é dividido em 4 seções. A primeira descreve o Compositor e os tipos de objetos de aprendizagem que ele aceita para a geração de uma aula. A segunda seção apresenta o Servidor, que é basicamente responsável por coletar e armazenar os dados da interação dos alunos com os dispositivos. Após, é mostrado o Player, que é responsável pela execução, propriamente dita, da aula. Finalmente, a quarta seção, lida com as Métricas, ou seja, a parte do sistema responsável por fazer todas as análises dos dados para ajudar o professor na tomada de decisão dos aspectos pedagógicos que mais ajudem os estudantes nos processos de ensino-aprendizagem.

4.1 Compositor

Este módulo é o responsável pela composição da aula a partir de objetos de aprendizagem inseridos pelo professor, podendo também receber objetos provenientes de repositórios. Para organização do sistema, foi criada uma hierarquia em que o maior nível é o da ‘Disciplina’, dentro dele são cadastradas várias ‘Aulas’, onde cada aula pode conter vários ‘Capítulos’.

A Figura 4.2 apresenta os principais componentes do Compositor, com ênfase no Repositório de Aulas, onde, pode-se visualizar as entidades: *Disciplina*, *Aula* e *Capítulo*. Os objetos de aprendizagem incluídos na aula ficam relacionados a um ou mais capítulos e podem ser acessados diretamente do banco de dados, especialmente, quando há reutilização de um objeto já armazenado.

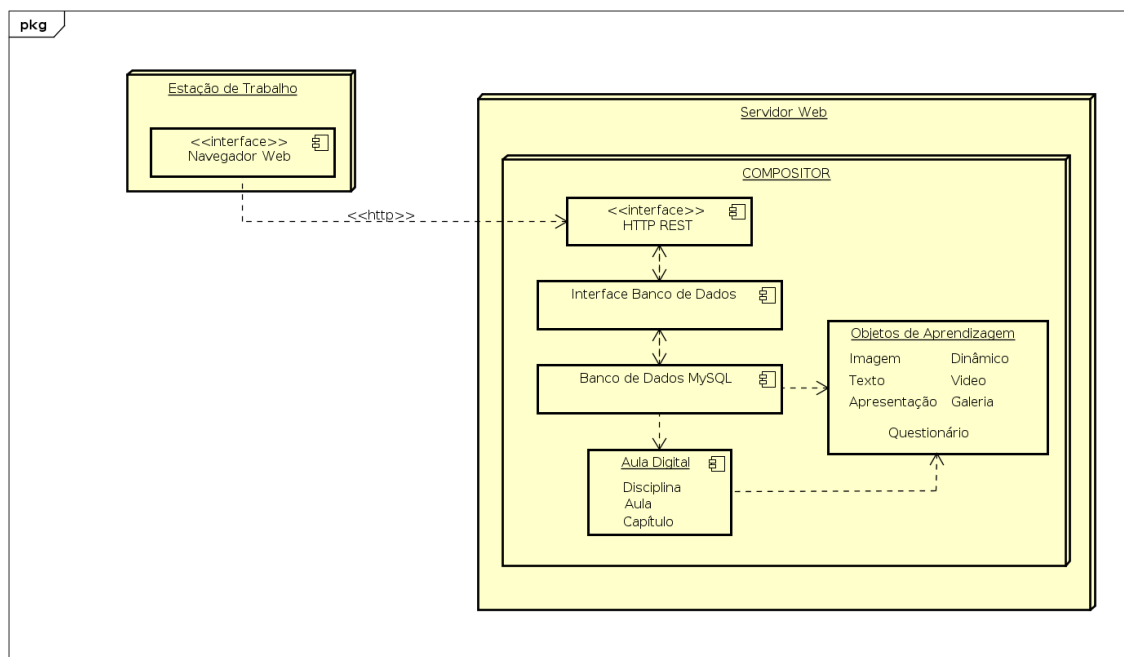


Figura 4.2: Compositor: entidades base

Nesta abordagem, cada Capítulo possui três níveis de dificuldade (‘Fácil’, ‘Normal’ e ‘Difícil’) previamente definidos pelo professor, quando da criação do mesmo. Além de ter relação com um ou mais capítulos, um objeto de aprendizagem possui um atributo ‘Conceito’ que é o assunto

específico tratado pelo objeto. Este atributo tem seu nível de dificuldade baseado nos mesmos três níveis dos Capítulos. Assim, tomando como exemplo, a disciplina de Física do currículo do Ensino Médio, tem-se o *Capítulo* sobre ‘Oscilações, ondas, óptica e radiação’ que tem nível de dificuldade ‘Difícil’, onde é abordado o *Conceito* de ‘Reflexão e Refração’ que tem nível de dificuldade ‘Normal’.

Essa classificação dos níveis do *Capítulo* e do *Conceito*, indicada pelo professor, será um elemento a ser levado em consideração nas métricas e análises de aprendizagem propostas neste trabalho. Entretanto, para geração de uma aula completa, o Compositor trabalha ainda com seis categorias de objetos de aprendizagem: (i) Galeria; (ii) Texto; (iii) Vídeo; (iv) Dinâmico; (v) Apresentação; (vi) Questionário (Figura 4.2).

O objeto ‘Galeria’ corresponde a uma coleção de imagens. É importante notar que, cada imagem de uma galeria é um objeto único dentro do banco de dados, assim, uma vez que foi cadastrada, uma imagem pode ser utilizada em diversas galerias. O objeto ‘Texto’ armazena conteúdos textuais da aula, podendo ser usado para descrição de atividades a serem feitas pela turma ou ainda para simples adição de conteúdos de texto sobre o tema a ser estudado.

O objeto ‘Vídeo’ guarda informações relativas aos vídeos que serão exibidos durante uma aula, enquanto um objeto ‘Dinâmico’ aceitaria inserção de objetos com algum nível de interação, tais como *applets* provenientes do Geogebra¹. O objeto ‘Apresentação’ guarda objetos de *slides* provenientes de ferramentas de escritório. Para melhor controle por parte do Player, no momento da geração dos arquivos para execução da Aula, cada *slide* é transformado em uma imagem, o que possibilita obter informações mais precisas sobre a navegação do estudante neste tipo de objeto.

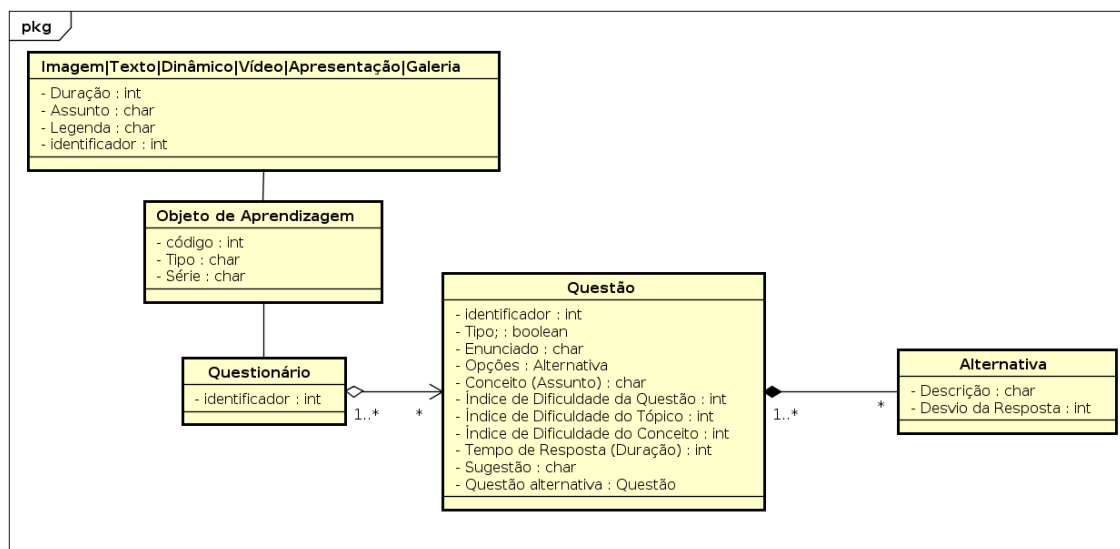


Figura 4.3: Compositor: Modelo dos Objetos de Aprendizagem

¹Aplicativo de matemática que combina dinamicamente conceitos de geometria e álgebra em uma única interface do usuário.

O objeto ‘Questionário’ guarda uma coleção de questões para verificação do aprendizado do aluno de acordo com as métricas apresentadas na Seção 4.4. Assim, como o objeto Galeria, cada questão cadastrada é um único objeto de aprendizagem que pode ser reutilizado em outros questionários (Figura 4.3). Ao criar uma questão, além dos atributos convencionais de Enunciado, Conceito (assunto) e Alternativas, o professor deve inserir informações relativas ao ‘Índice de Dificuldade da Questão (IDQ)’, ‘Tempo de Resposta’ que é o tempo máximo esperado que o estudante responda a questão, e o ‘Desvio’ de cada alternativa de resposta da Questão, que é a distância que uma alternativa está da resposta exata, medida em cinco níveis, conforme apresentado na Seção 4.4.5.

Além das informações já mencionadas, vale ressaltar que o questionário está inserido no contexto de uma proposta de ajuda sob demanda. Assim, a visualização e os recursos disponíveis, durante a resolução de uma questão, podem ser modificados de acordo com a percepção do sistema da dificuldade do estudante em dar uma resposta ao problema proposto.

Como parte do mecanismo de modificação na aparência das questões, no momento da criação da questão, o professor precisará introduzir outros três elementos: (i) ‘Sugestão’, que é uma frase ou parágrafo relacionado ao conteúdo que ajude a iluminar o problema; (ii) ‘Conceito’, isto é, o assunto específico da questão, o que possibilitará uma consulta mais rápida e focada ao material didático fornecido; e (iii) ‘Questão Alternativa’ que é uma questão sobre o mesmo assunto e com nível de dificuldade menor ou igual ao da questão principal. Assim, com a *Sugestão* e o *Conceito*, a questão alternativa também servirá como iluminação da resposta da questão principal.

Na Figura 4.4, que representa uma questão com os atributos inseridos através do Compositor, pode-se observar tanto dados relacionados às métricas de aprendizagem quanto às opções de ajuda sob demanda.

4.2 Servidor

É o módulo que cria uma sala de aula virtual, gerencia as trocas de mensagens entre os dispositivos dos estudantes e também do professor, consolida os dados para análise de acordo com as métricas de aprendizagem, além de realizar modificações na apresentação das questões, segundo uma abordagem de percepção da dificuldade dos estudantes.

Inicialmente, o professor faz *upload* do banco de dados com as informações dos estudantes da aula (por exemplo: nome, matrícula, senha,...) e carrega para o Servidor a aula a ser ministrada. Uma sessão é criada para cada aluno que se conecta ao Servidor, além disso, o conteúdo da aula é baixado para cada dispositivo. Após essa primeira etapa, o trabalho do Servidor consistirá em gerenciar as conexões dos alunos com a finalidade de coletar dados e armazenar *logs* de interação dos estudantes com o material didático e, de acordo com as dificuldades apresentadas pelos alunos na hora de responder um questionário avaliativo, apresentar recursos adicionais de ajuda.

Esta modificação na apresentação das questões consiste em um nível de ‘Percepção’ (Figura 4.5) de quanto tempo uma determinada questão é exibida para um aluno sem que o mesmo interaja com o

Tipo: 1
Índice de Dificuldade do Tópico: Normal
Índice de Dificuldade do Conceito: Normal
Índice de Dificuldade da Questão: Normal
Tempo esperado de Resposta: 200

Enunciado:
A comutação por pacotes é usada para o tráfego de dados e constitui a base para redes de comunicações de dados, dentre elas, a Internet. Sobre este tipo de comutação é correto afirmar:

- I. Não há reserva ou exclusividade para o uso ou envio de informações por parte de qualquer recurso da rede.
- II. Cada pacote percorre seu próprio caminho até chegar ao destinatário.
- III. Todos os pacotes são rotulados com o endereço MAC do destinatário, o que possibilita a comunicação direta entre o cliente e o servidor.
- IV. A transmissão *store-and-forward* possibilita que os dados sejam transmitidos sem precisar ter o pacote completo.
- V. A tarifação é feita somente ao usuário que envia os dados, por exemplo, o remetente de um email.

Opções:

- A) III e IV (**Desvio:** Não tem ideia)
- B) I e II (**Desvio:** Exato)
- C) I e V (**Desvio:** Médio)
- D) I, II e III (**Desvio:** Próximo ao correto)
- E) II, III e IV (**Desvio:** abaixo da média)

Dica:
Podemos comparar a comutação de pacotes com uma viagem em família, onde cada pessoa sai no seu próprio carro e segue seu próprio roteiro de viagem. Pode ser que alguns membros casualmente sigam o mesmo roteiro, pode ser que dividam apenas parte do caminho ou ainda que só se encontrem no destino. Não há um caminho exclusivo para ninguém e todos podem usar a estrada que acharem mais adequada para chegar ao destino.

Conteúdo: Comutação e Roteamento
Questão Alternativa: QA1

Figura 4.4: Compositor: Exemplo de Atributos de uma Questão

dispositivo, por exemplo, clicando em outra questão ou em alguma das respostas possíveis. Assim, cada nível de ajuda acontece a partir da medição do tempo de inatividade em uma questão.

Nesta proposta, há três níveis de ajuda em uma questão, onde cada nível é liberado pelo Servidor de acordo com esse tempo previsto de inatividade do aluno perante um questionário avaliativo. O primeiro nível consiste em apresentar uma informação adicional (dica) que auxilie no entendimento da questão. O segundo possibilita ao aluno visualizar a parte Conteúdo relacionada à pergunta proposta. O terceiro e último nível sugere uma questão alternativa acerca do mesmo tema, também com o objetivo de ajudar na resolução da questão original.

É importante salientar que todas essas informações de ajuda sob demanda devem ter sido previamente cadastradas pelo professor durante a criação da aula no Compositor, conforme exposto na Seção 4.1. Após o término da aula, arquivos de *logs* são gerados, os quais serão utilizados pelas *Métricas* para geração dos gráficos de desempenho dos estudantes e da turma.

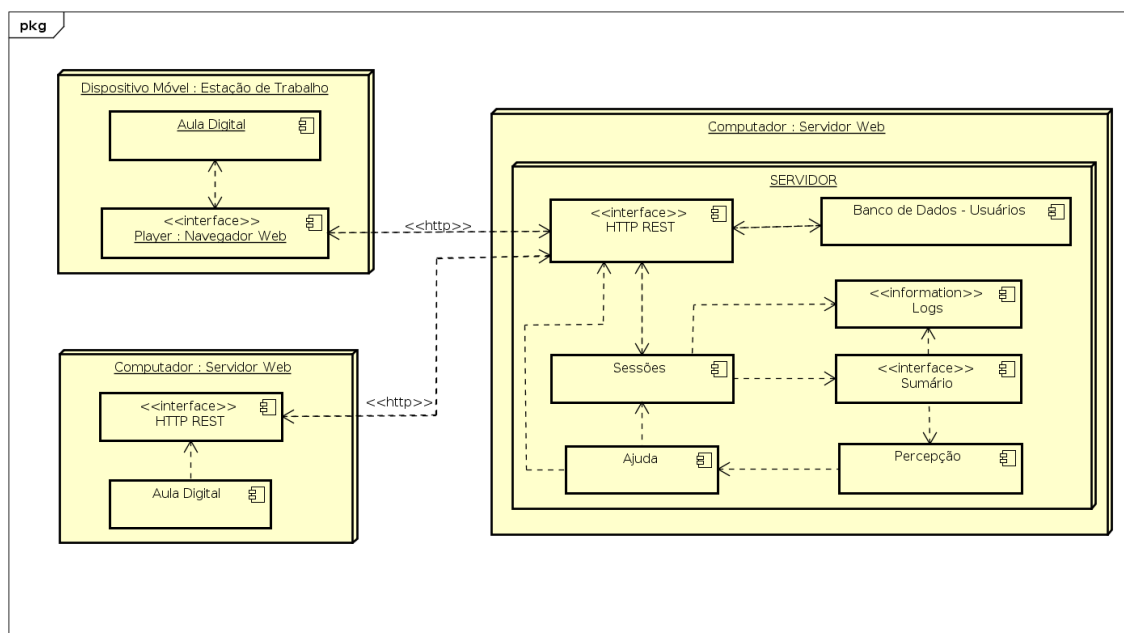


Figura 4.5: Arquitetura do Servidor

4.3 Player

É um conjunto de páginas web contendo todo o material didático de uma aula a ser ministrada. Tais páginas são executadas em um navegador de internet, através do qual acontece a interação do estudante com o conteúdo educacional.

O Player possui duas partes principais (Figura 4.6): (i) Aula Digital; (ii) Coletor de Dados. A ‘Aula Digital’ é o material didático utilizado na aula e preparado anteriormente pelo professor através do Compositor, usando os objetos de aprendizagem cadastrados. Já o ‘Coletor de Dados’ é um rastreador que detecta todos cliques do aluno em objetos da tela do dispositivo e os envia para processamento pelo Servidor. É essa interação do Coletor com o Servidor que viabilizará os três níveis de ajuda sob demanda apresentados nas Seções 4.1 e 4.2.

Devido ao fato de que o Player é totalmente baseado em tecnologia web, a entrega do conteúdo educacional pode ser feita em praticamente qualquer dispositivo e plataforma. Essa característica possibilita grande portabilidade dessa parte do sistema e, por conseguinte, baixo custo de implantação, visto que cada aluno pode usar seu próprio dispositivo durante a aula. Essa abordagem visa não apenas inserir definitivamente as novas tecnologias em sala de aula, mas, tirar proveito dos próprios recursos que os estudantes trazem consigo, além de tentar aumentar o nível de engajamento do estudante em uma aula.

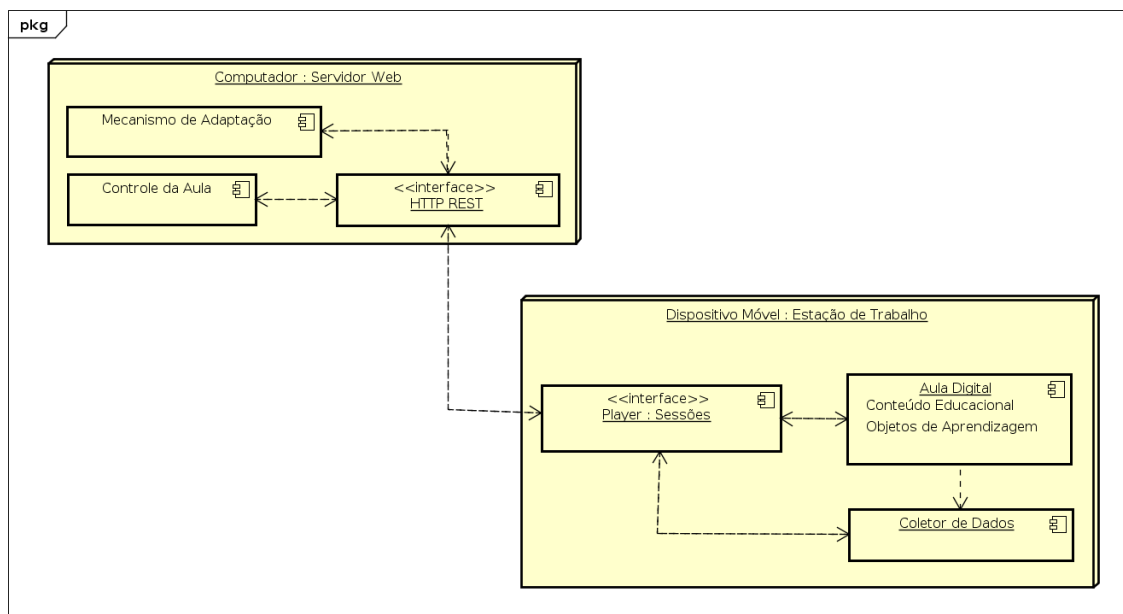


Figura 4.6: Arquitetura do Player

4.4 Métricas

Nesta dissertação, *Métricas* é a parte do sistema que viabiliza a avaliação do impacto de uma aula em uma turma por parte do professor. Esta dissertação propõe a adoção de cinco métricas, baseadas no trabalho de Biswas e Ghosh (2007), usadas para medir tanto a interação do estudante com o material didático quanto o desempenho do estudante em questionários avaliativos.

4.4.1 Pontuação

Esta é uma métrica clássica que calcula a média obtida por um estudante como o produto do valor de cada questão pelo total de respostas corretas (TRC). Por exemplo, considerando um questionário de seis questões, cuja pontuação total é de 10 pontos, um estudante que acerta seis questões obtém 10 pontos, enquanto um estudante que responde corretamente cinco questões, obtém 8,33 pontos. Esta métrica pode ser expressa através da Equação 4.1.

$$Pts = (10/TotalDeQuestões) * TRC \quad (4.1)$$

4.4.2 Nível de Confusão

Esta métrica é utilizada para medir o nível de incerteza (ou dúvida) de um estudante ao responder uma questão. Tal incerteza é dada em função da quantidade de vezes que uma alternativa diferente da atual foi marcada, isto, é, quanto mais vezes a resposta da questão tiver sido trocada, mais incerteza demonstrou.

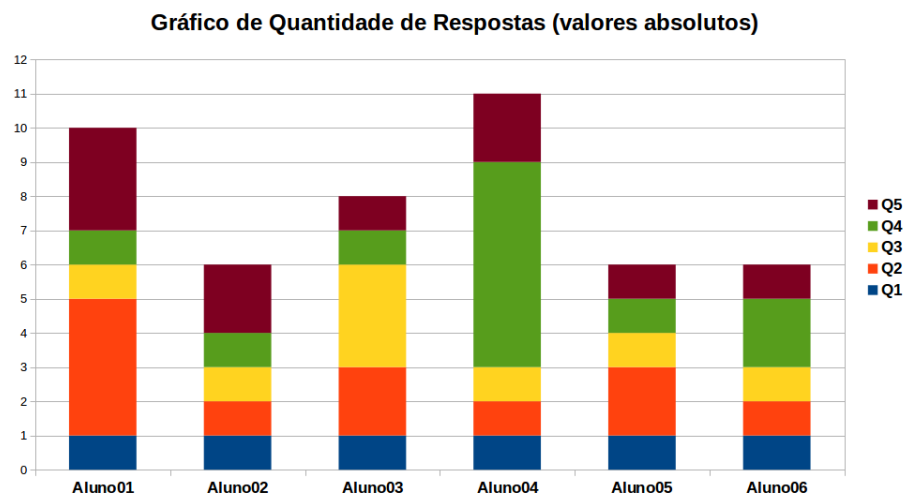


Figura 4.7: Exemplo de Gráfico de Nível de Confusão

Assim, seja um questionário avaliativo com 5 questões, respondidas por 6 estudantes, o gráfico da quantidade de respostas marcadas é dado pela Figura 4.7, onde é possível visualizar o quanto (em números absolutos) cada estudante marcou diferentes opções de uma questão. Desse modo, pode-se ver que, na Questão 3, apenas o Aluno03 duvidou da resposta, pois, foi o único a marcar mais de uma vez, no caso, três vezes. Então, por exemplo, é possível que ele tenha marcado a opção A, trocado para a B e, então, finalmente respondido a questão marcando novamente a opção A.

Outro exemplo pode ser a marcação de diferentes alternativas, como pode ter acontecido com o Aluno06 na Questão 4, onde foram contabilizadas quatro marcações de opção, isto é, marcou uma primeira vez e efetuou três trocas de resposta.

4.4.3 Tempo de Resposta

Esta métrica calcula o tempo que um estudante precisou para resolver cada questão ou um conjunto de questões (Figura 4.8). A quantidade de tempo gasto na resolução de determinada questão pode dar indícios de que o estudante não compreendeu bem o assunto avaliado, a questão contém um nível de dificuldade muito elevado ou precisaria ser reformulada.

Na Figura 4.8, pode-se ainda realizar uma comparação entre o tempo de resposta de cada estudante com o estimado pelo professor no Compositor.

A medida do tempo de resposta do aluno ou da turma em uma questão (ou questionário) pode ser cruzada com o Nível de Confusão (Seção 4.4.2), o que pode ajudar a visualizar a necessidade de maior reforço em algum conteúdo já estudado ou alguma recomendação de modificação da questão/questionário em si. Por exemplo, um alto nível de confusão da turma em uma determinada questão (classificada como ‘Fácil’ pelo professor no Compositor) associada a um elevado tempo de resposta dessa mesma questão pode ser um indicativo de que a linguagem do problema precisaria ser revista ou os alunos não entenderam bem o tópico avaliado.

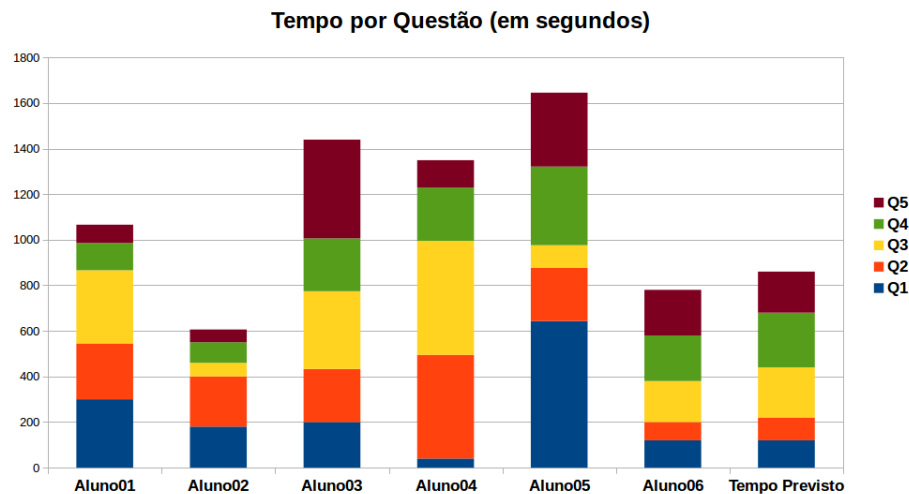


Figura 4.8: Exemplo do 'Tempo de Resposta' de um Questionário (em segundos)

4.4.4 Nível de Desordem

Esta métrica calcula a desordem das respostas finais usando entropia das permutações (H_o), isto é, o quanto um estudante respondeu às questões em uma ordem diferente da originalmente prevista pelo professor.

```

p1 = 0;
p2 = 0;
for (i = 1; i <= 6; i++) do
    if  $s_i \leq s_{i+1}$  then
        | p1++
    end
    else
        | p2++
    end
end
end

```

Algoritmo 1: Algoritmo de Ordem

Desse modo, seja um questionário com 6 perguntas e um *log* com as questões respondidas pelos estudantes representados por $V = \{1,2,3,1,5,6,5,2,1,4\}$, a entropia das permutações será calculada percorrendo o vetor na ordem inversa afim de obter a ordem final das respostas, desconsiderando valores repetidos. Neste caso, a ordem das respostas do estudante é dada por $V = \{3,6,5,2,1,4\}$.

$$H_o = -\frac{p1}{p1 + p2} \ln\left(\frac{p1}{p1 + p2}\right) - \frac{p2}{p1 + p2} \ln\left(\frac{p2}{p1 + p2}\right) \quad (4.2)$$

A partir do Algoritmo 1, obtemos os valores de p1 (2) e p2 (3) que serão utilizados para calcular a entropia, dada pela Equação 4.2. Para o exemplo em questão, o valor de H_o é 0,67. Vale ressaltar que quanto mais perto de '1', maior a desordem da resposta. A Figura 4.9 mostra o nível de desordem de estudantes de uma turma. Nela, pode-se observar que alguns estudantes responderam o questionário de acordo com a ordem esperada (valor da entropia igual a zero), enquanto outros responderam de modo quase totalmente reverso ao proposto (valor da entropia mais perto de 1).

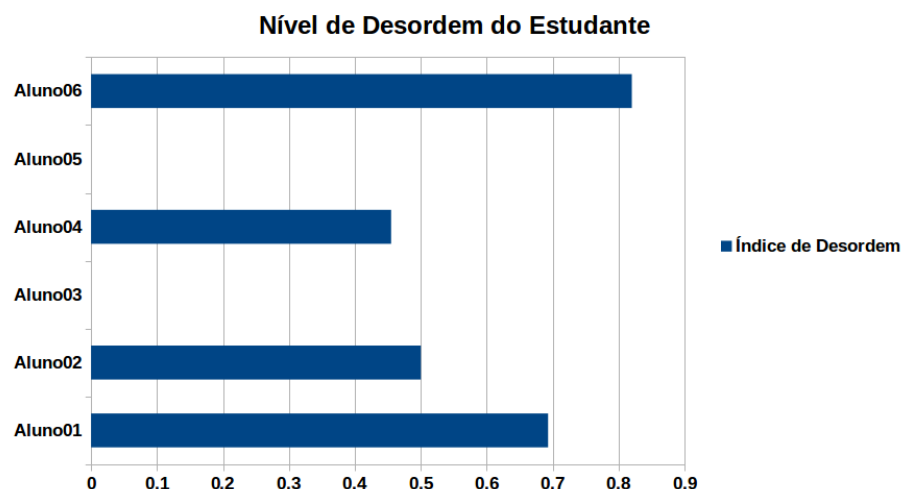


Figura 4.9: Exemplo do Nível de Desordem por aluno

Esta métrica pode dar indícios para o professor da lógica da mente da turma e avaliar, por exemplo, se é necessário fazer modificações na ordem das questões para a próxima vez que tal conjunto de questões for aplicado em uma aula.

4.4.5 Nível de Compreensão

Esta métrica relaciona o tempo que o aluno demorou para responder uma pergunta com a dificuldade da pergunta em si e foi definida por Biswas e Ghosh (2007). Assim, uma questão contém as seguintes características: (i) Índice de Dificuldade do Assunto (IDA); (ii) Índice de Dificuldade do Tópico (IDT); (iii) Índice de Dificuldade do Conceito (IDC); (iv) Índice de Dificuldade da Questão (IDQ).

Tabela 4.1: Índices de Dificuldade

Índice	Difícil	Normal	Fácil
Índice de Dificuldade do Tópico	5	3	1
Índice de Dificuldade do Conceito	5	3	1
Índice de Dificuldade da Questão	5	3	1

Os valores dos índices de dificuldade são dados pela Tabela 4.1, enquanto o ‘Desvio’, que indica a proximidade de uma alternativa em relação à resposta correta, é dado pela Tabela 4.2. O ‘Tempo de Resposta’ é um parâmetro binário que terá o valor 5 (cinco), se o estudante passou do tempo estimado pelo professor para responder a questão; 1 (um), caso esteja dentro do tempo previsto pelo professor. Desse modo, o Nível de Compreensão será dado em função da Equação 4.3:

$$L_u = \frac{(IDT * IDC * IDQ * Desvio)}{TempoDeResposta} \quad (4.3)$$

Tabela 4.2: Valores - Desvio da resposta

Parâmetro	Correto	Próximo ao correto	Valor médio	Valor abaixo da média	Não tem ideia
Desvio	5	4	3	2	0

Para melhor entender a aplicação destes índices, tomaremos como exemplo a seguinte questão proposta por Biswas e Ghosh (2007):

Para que serve o Protocolo ARP?

- (a) Para identificar o endereço IP dado o endereço MAC;
- (b) Estrutura de dados para realizar uma busca mais eficiente;
- (c) Para identificar o endereço MAC dado o IP;
- (d) Para conhecer o endereço IP do roteador.

Sendo, a opção (c) a resposta correta, a opção (a) pode ser considerada a mais próxima à correta, enquanto as opções (d) e (b) poderiam, respectivamente, ser consideradas abaixo da média e não tem qualquer relação com ARP. Assim, os valores desses quesitos da questão serão: (a) quatro, (b) dois, (c) cinco e (d) zero (Biswas e Ghosh, 2007). Supondo que os valores de IDT, IDC, IDQ e o Tempo de Resposta sejam 3,3,3 e 120, respectivamente, e que o estudante marcou a opção (a) e demorou 100s para responder a questão, o cálculo do Nível de Compreensão para esse caso específico é dado pela Equação 4.4, onde o estudante obteve o valor 108, nesse caso, o segundo maior valor possível para essa questão, que é de 135 (quando o estudante responde dentro do tempo e acerta a resposta).

$$L_u = \frac{(3 * 3 * 3 * 4)}{1} = 108 \quad (4.4)$$

Como o próprio nome já deixa evidente, esta métrica pode ajudar o professor a ter mais clareza do quanto a turma está entendendo o assunto avaliado, abrindo a possibilidade de reforçar exatamente os tópicos em que a turma mostrou maiores dificuldades na resolução das questões. Assim, da Figura 4.10 podemos verificar que a Questão 2 teve maior quantidade de estudantes com nível de compreensão baixo.

4.5 Ferramentas

Esta seção descreve brevemente as ferramentas implementadas para a validação do método proposto nesta dissertação. Tais ferramentas serão descritas seguindo cada parte do método apresentado ao longo deste capítulo.

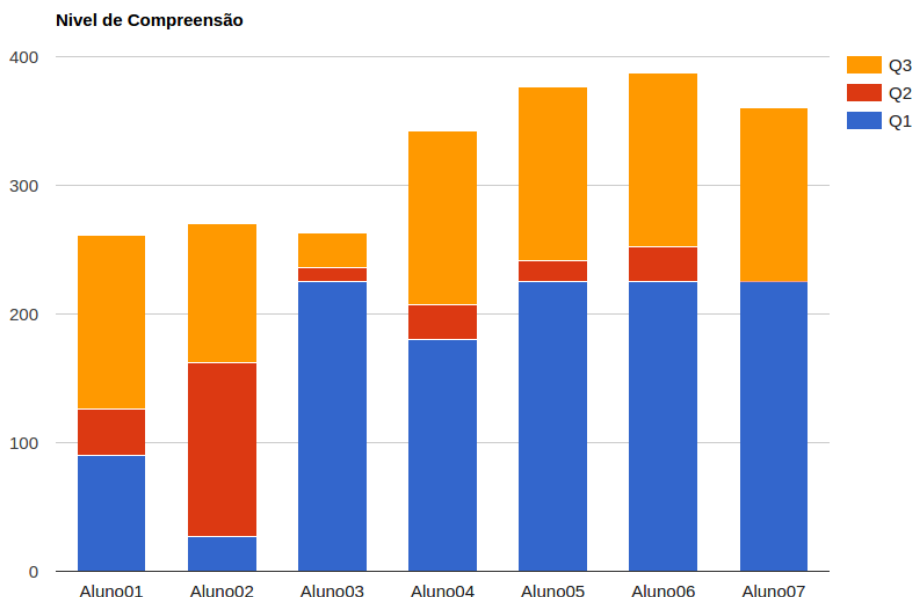


Figura 4.10: Exemplo do gráfico de Nível de Compreensão

4.5.1 Compositor

O Compositor é uma ferramenta web desenvolvida usando o Framework Yii, que é baseado em PHP. Além disso, foram utilizados scripts em Shell para automatização geração dos arquivos da 'Aula Digital' após a inserção dos objetos de aprendizagem em um banco de dados MySQL.

Ao iniciar o Compositor, é exibida uma página com informações gerais sobre os componentes relacionados a criação e condução da Aula Digital, isto é, o Compositor, o Player e o Servidor (Figura 4.11).



Figura 4.11: Tela Inicial do Compositor

Através da interface apresentada na Figura 4.12, é possível criar novas disciplinas ou gerenciar disciplinas já existentes no banco de dados. Após criar uma disciplina, é possível criar ou gerenciar as Aulas relacionadas a ela e, para cada aula, criar ou gerenciar o Capítulo (Tópico) a ser trabalhado, conforme introduzido na Seção 4.1.

Compositor Home Sobre Contatos **Disciplinas** Sair (gabriel2)

Home / Disciplinas

Disciplinas

Criar Disciplina

Showing 1-5 of 5 items.

#	ID	Nome	User ID	
1	9	Matematica	8	
2	10	Tópicos Engenharia de Software	7	
3	11	Redes de Computadores	10	
4	12	Sistemas Embarcados	10	
5	14	Disciplina de testes	15	

Figura 4.12: Compositor - Tela ‘Disciplinas’

Cada Objeto de Aprendizagem é vinculado a um Capítulo, assim, a Figura 4.13 apresenta a tela do Compositor relativa ao Capítulo sobre ‘Comutação e Roteamento’ da Disciplina ‘Redes de Computadores’, onde é possível verificar a existência dos OAs ‘Galeria’, ‘Vídeo’, ‘Apresentação’ e ‘Questionário’. Além disso, nesta mesma tela, é feita a identificação do nível de dificuldade o Tópico, a ser utilizado nas métricas de avaliação do estudante (Seção 4.4).

Somente após a criação ou inserção dos objetos de aprendizagem específicos de um capítulo, são executados *scripts* para a geração do conjunto de páginas web que farão a composição da Aula Digital a ser executada pelo Player.

4.5.2 Player

O ‘Player’ é o módulo onde acontece a interação do aluno com o conteúdo educacional e cuja tela inicial varia de acordo com a aula a ser conduzida, conforme apresentado pelas Figuras 5.1 e 5.2 (Seção 5.1.1).

Além disso, através de um *Javascript* chamado “DataCollector”, o Player coleta todos os dados de interação do estudante com o material didático exibido por ele. Esses dados são enviados para o

Compositor
Home Sobre Contatos Disciplinas Sair (gabriel2)

Comutação e Roteamento

Atualizar Deletar

ID	25
Título	Comutação e Roteamento
Dificuldade	3

Novo Objeto ▾

Objetos de Aprendizagem

Mostrar 1-1 of 1 item.

#	código	Tipo	Assunto	
2	7	objgaleria	Comutação	Visualizar Excluir
3	8	objvideo	Comutação e Roteamento de Pacotes de Dados	Visualizar Excluir
4	13	objapresentacao	Comutação por circuitos	Visualizar Excluir
5	14	objapresentacao	Comutação por pacotes	Visualizar Excluir
6	15	objapresentacao	Roteamento	Visualizar Excluir
7	46	objquestionario	Comutação e Roteamento em Redes	Visualizar Excluir

Figura 4.13: Compositor - Tela ‘Objetos de Aprendizagem’

servidor para análise da dificuldade do estudante para ativação das ajudas sob demanda (Figura 4.14), criação do *log* da aula e posterior análise pelas métricas. Assim, a Figura 4.14 apresenta a tela do Player utilizada na ‘Aula 01’, uma das aulas apresentadas no Capítulo 5 (Seção 5.1.2).

Exercício

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

Questão 1 - Principal

A comutação por pacotes é usada para o tráfego de dados e constitui a base para redes de comunicações de dados, dentre elas, a Internet. Sobre este tipo de comutação é correto afirmar:

- Não há reserva ou exclusividade para o uso ou envio de informações por parte de qualquer recurso da rede.
- Cada pacote percorre seu próprio caminho até chegar ao destinatário.
- Todos os pacotes são rotulados com o endereço MAC do destinatário, o que possibilita a comunicação direta entre o cliente e o servidor.
- A transmissão store-and-forward possibilita que os dados sejam transmitidos sem precisar ter o pacote completo.
- A tarifação é feita somente ao usuário que envia os dados, por exemplo, o remetente de um email.

- ☐ A) III e IV
☐ B) I e II
☐ C) I e V
☐ D) I, II e III
☐ E) II, III e IV

Sugestão

Voltar ao conteúdo

Trocar questão

Figura 4.14: Player - Questionário com Ajuda sob Demanda

4.5.3 Servidor

Para criar a sala de aula virtual, gerenciar as modificações nos players dos estudantes a partir dos níveis de ajuda sob demanda e criar os *logs*, o Servidor utiliza um conjunto de *scripts* em Python implementados a partir do microframework Flask.

Vale ressaltar que, além de ser um exemplo de tela do Player exibindo um Questionário, a Figura 4.14 também exibe as modificações dos três níveis de ajuda já ativadas pelo Servidor para a ‘Questão 1 - Principal’ no Player de um aluno.

```

1 1;Aluno01;1488503069373;click;questionario.html;Q:1:H:1-4 list-group-item;a;131;132
2 1;Aluno01;1488503071373;click;questionario.html;troca-Q1 btn btn-info btn-lg;button;884;133
3 1;Aluno01;1488503458978;click;questionario.html;D:1:H:1-4 btn btn-info btn-lg;button;295;540
4 1;Aluno01;1488503480021;click;questionario.html;D:1:H:1-4 close;button;1241;119
5 1;Aluno01;1488503500095;click;questionario.html;D:1:H:1-4 btn btn-info btn-lg;button;292;547
6 1;Aluno01;1488503549494;click;questionario.html;D:1:H:1-4 close;button;1236;120
7 1;Aluno01;1488503584203;click;questionario.html;C:1:H:1-4 btn btn-info btn-lg;button;437;531
8 1;Aluno01;1488503761049;click;questionario.html;C:1:H:1-4 close;button;1389;909
9 1;Aluno01;1488503844803;click;questionario.html;C:1:H:1-4 btn btn-info btn-lg;button;448;530
10 1;Aluno01;1488504135099;click;questionario.html;C:1:H:1-4 close;button;1384;122
11 1;Aluno01;1488504163987;click;questionario.html;Q:1:H:1-4:B;input;224;423
12 1;Aluno01;1488504168109;click;questionario.html;Q:2:H:1-4 list-group-item;a;102;179
13 1;Aluno01;1488504216250;click;questionario.html#;D:2:H:1-4 btn btn-info btn-lg;button;303;530
14 1;Aluno01;1488504262757;click;questionario.html#;D:2:H:1-4 close;button;1241;121
15 1;Aluno01;1488504299647;click;questionario.html#;C:2:H:1-4 btn btn-info btn-lg;button;470;522
16 1;Aluno01;1488504542721;click;questionario.html#;C:2:H:1-4 close;button;1393;127
17 1;Aluno01;1488504551763;click;questionario.html#;C:2:H:1-4 btn btn-info btn-lg;button;438;544
18 1;Aluno01;1488504578872;click;questionario.html#;C:2:H:1-4 close;button;1385;127

```

Figura 4.15: Servidor - Log do Aluno 01

A Figura 4.15 introduz o log do ‘Aluno 01’, onde é possível verificar o *timestamp*, a página destino (i.e: questionario.html) e a informação ou ajuda exibidas para o aluno. Onde, ‘Q:1’ e ‘Q:2’ (linhas 1 e 12) indicam que o aluno abriu as Questões 01 e 02, respectivamente e, as letras ‘D’ e ‘C’ indicam que ele utilizou ajuda sob demanda. Nesse caso, foram utilizados dois níveis: (D) Sugestão e (C) Conteúdo. O nível de ajuda relativo a troca de Questão Principal para Questão Alternativa está relacionado a identificação ‘H:’, que indica que a questão, a dica ou o conteúdo visualizados tem ligação com a Questão Principal. Assim, caso estivessem ligados a uma Questão Alternativa, a identificação seria ‘E:’.

4.5.4 Métricas

O módulo responsável pelas métricas foi implementado utilizando um conjunto de Shell Scripts. Tais scripts extraem informações dos logs gerados pelo servidor e realizam a análise de acordo com as métricas apresentadas na Seção 4.4. Além dos cálculos e geração das métricas, estes *scripts* também plotam os gráficos a serem exibidos para o professor.

4.6 Resumo

Neste capítulo descrevemos uma abordagem para inserção de tecnologia em sala de aula, proposta a partir de uma arquitetura com quatro componentes principais, possibilitando a avaliação de conteúdo baseada em questões com ajuda sob demanda, além de permitir a verificação de outros elementos que ajudem o professor a entender melhor o desenvolvimento dos estudantes.

Na Seção 4.1, foi detalhado o modelo do Compositor, primeiro elemento da abordagem sugerida, que é o responsável pelo processo de criação da Aula Digital, a partir dos objetos de aprendizagem e relações entre esses objetos, indicadas pelo professor como parte de uma mesma aula. Ainda nessa seção, foi apresentado o mecanismo de avaliação com níveis de ajuda, com enfoque nos atributos das questões inseridas pelo professor no Compositor.

Na Seção 4.2, foi apresentada a parte da plataforma responsável pelo gerenciamento da sala de aula virtual e pela consolidação das informações coletadas pelos dispositivos dos alunos durante a aula. Nesta seção, foi aprofundado o conhecimento acerca do funcionamento da ajuda sob demanda e dos três níveis que a compõe.

A Seção 4.3 apresentou a comunicação e o funcionamento interno do Player, que é um conjunto de páginas web que contém a aula e é a interface de interação do estudante com o sistema, mas que, também, é o meio através do qual os dados dessa interação são coletados e enviados para o Servidor.

A Seção 4.4 detalhou as principais métricas usadas neste trabalho para verificação e entendimento do desempenho dos estudantes ao longo de uma rotina educativa. Assim, são apresentadas as métricas: Pontuação, Nível de Confusão, Tempo de Resposta, Nível de Desordem e Nível de Compreensão.

Finalmente, a Seção 4.5 apresentou alguns detalhes de implementação da plataforma proposta nesta dissertação com a finalidade de experimentar e validar o método proposto nas Seções 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 deste capítulo.

Capítulo 5

Resultados Experimentais

Neste capítulo são apresentados os resultados experimentais obtidos a partir de coleta de dados feita em aulas reais usando a abordagem e o modelo propostos nesta dissertação. Para avaliar esta proposta, foi necessário implementar e testar uma plataforma experimental que auxiliasse o professor ao longo das fases do processo educativo propostas por Zilse *et al.* (2016), isto é, as fases de composição e de execução da aula. Foi implementada ainda uma fase de avaliação a partir das métricas propostas na Seção 4.4 e que podem ser utilizadas para verificar se o processo educativo ocorreu conforme o planejado. Além disso, foi aplicado um questionário qualitativo ao professor com o objetivo de mensurar os impactos da plataforma a partir do ponto de vista do educador.

Dito isto, a experimentação proposta neste capítulo visa responder às seguintes questões:

- QP1:** Quais análises e inferências podem ser feitas a partir da adição de recursos computacionais no contexto de educação?
- QP2:** A utilização de questionários com ajuda sob demanda em processos avaliativos melhora o desempenho dos estudantes?
- QP3:** O modelo proposto nesta dissertação auxilia satisfatoriamente o professor no uso da tecnologia para apoiar o processo de ensino-aprendizagem?

5.1 Composição das Aulas Experimentais

Esta seção descreve a parte inicial dos experimentos, que coincide com a primeira fase do processo de educação, isto é, a Composição da Aula. Nesta fase, foram planejadas e executadas aulas reais da disciplina de Redes de Computadores em uma turma de Curso Técnico em Informática em uma escola do interior do Estado do Amazonas. Nesta dissertação são apresentadas duas destas aulas.

Na primeira aula descrita ('Aula01'), um grupo de 15 estudantes utilizou a plataforma com todos os recursos disponíveis e, na segunda ('Aula02'), 14 estudantes foram divididos em dois grupos

heterogêneos, onde o primeiro grupo teve acesso ao recurso das ajudas sob demanda descrito nas Seções 4.1 e 4.2 e o segundo grupo não.

O planejamento e a composição das aulas foram realizados a partir do modelo proposto na Seção 4.1 em que, baseado no seu nível de dificuldade, tanto o Capítulo quanto o Assunto recebem um valor numérico a ser utilizado na métrica do nível de compreensão. Neste caso, o professor rotulou estes dois elementos com nível de dificuldade Normal, o que significa que foi atribuído o valor 3 para tanto para o Índice de Dificuldade do Tópico (IDT), quanto para o Índice de Dificuldade do Conceito (IDC). Tendo sido utilizados os seguintes objetos de aprendizagem ‘Apresentação’, ‘Vídeo’, ‘Galeria’ e ‘Questionário’, melhor detalhados na Subseção 5.1.1.

5.1.1 Objetos de Aprendizagem

A Figura 5.1 apresenta a tela inicial da Aula01, onde é possível visualizar que, dos objetos de aprendizagem utilizados nessa aula, o objeto Apresentação consistiu na inserção de slides acerca dos conceitos abordados, no caso, Comutação, Roteamento e Modelos OSI e TCP/IP. O objeto Vídeo consistiu em uma animação 3D de curta-metragem sobre o roteamento e a comutação de pacotes na Internet. O objeto Galeria agregou informação histórica trazendo um conjunto de imagens com os diversos dispositivos e arquiteturas usados nas redes de comunicação de dados e de voz ao longo dos anos. O objeto Questionário contendo um conjunto de questões sobre os tópicos trabalhados anteriormente.



Figura 5.1: Tela Inicial da Aula01

Na Figura 5.2, pode-se observar a inserção de dois tipos de objetos de aprendizagem: Apresentação, que consistiu em dois conjuntos de slides sobre Meios de Transmissão Guiados

(que utilizam cabos) e Meios de Transmissão Não Guiados (que utilizam o ar) em Redes de Computadores e Questionário.

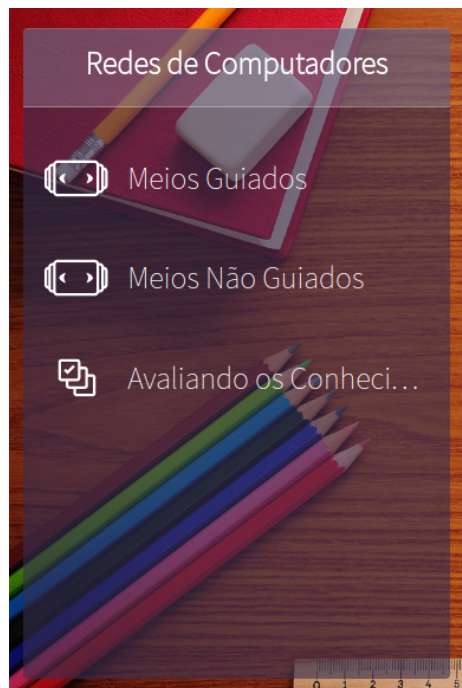


Figura 5.2: Tela Inicial da Aula02

Em ambas as aulas, o objeto Questionário consistiu em um conjunto de questões avaliativas contendo 10 Questões Principais, 10 Sugestões e 10 Questões Alternativas, com conteúdo relacionado inserido na própria plataforma e presente no objeto Apresentação. Entretanto, na execução da Aula02, apenas um grupo recebeu ajuda sob demanda.

Para um melhor entendimento do contexto das métricas utilizadas para avaliação na Seção 5.2, é importante levar em consideração alguns dados sobre os questionários aplicados aos alunos. Assim, as Subseções 5.1.2 e 5.1.3 apresentam gráficos acerca das questões utilizadas.

5.1.2 Questionário da ‘Aula01’

A Figura 5.3 detalha os conteúdos trabalhados e a proporção de cada um desses conteúdos no questionário aplicado à turma. Nota-se que a maior parte das questões pertence ao Tópico ‘Introdução’ (40%) e abarca Conceitos como representação e fluxo de dados, componentes, tipos de conexões, topologias e tipos de rede.

O segundo tópico mais presente é ‘Modelo TCP/IP’ (30%) que detalha os conceitos da pilha de protocolos e dos serviços de rede baseados nessa pilha. O terceiro Tópico mais recorrente no questionário foi sobre ‘Comutação e Roteamento’ (20%), que aborda os conceitos de comutação de circuitos, comutação de pacotes e roteamento de pacotes. Já o Tópico ‘Modelo OSI’ esteve presente em apenas 10% das questões.

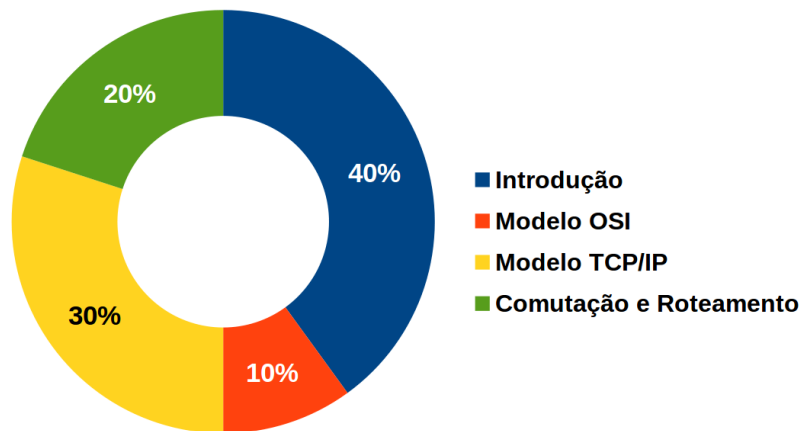


Figura 5.3: Proporção dos Tópicos das Aulas no Questionário

A Figura 5.4 resume informações sobre a distribuição do nível de dificuldade das questões. Pode-se perceber que, das 10 questões, 50% são rotuladas como Difícil, 40% são questões de nível Normal e 10% questões de nível Fácil. A distribuição se deu desse modo porque o professor desejava provocar um maior uso dos níveis de ajuda por parte dos estudantes.

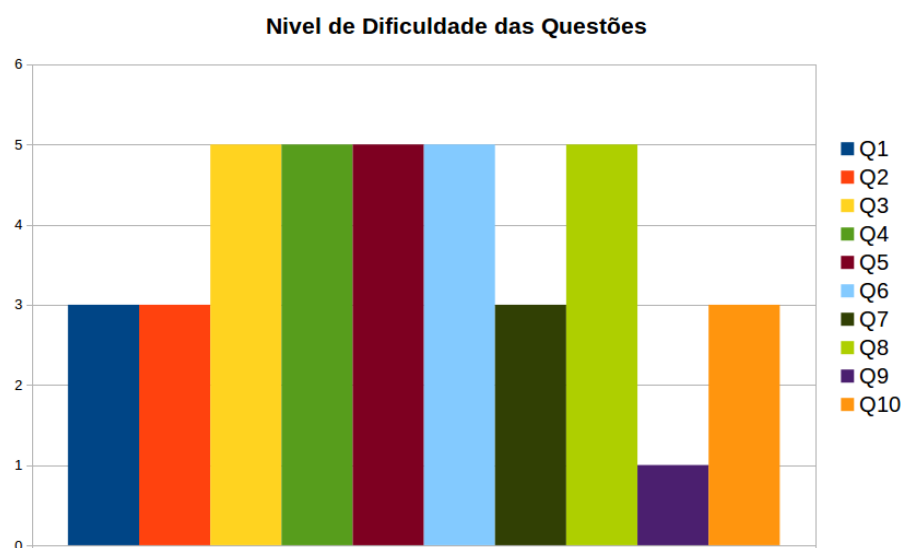


Figura 5.4: Gráfico do Nível de Dificuldade das Questões

A Figura 5.5 apresenta o gráfico da distribuição do nível de dificuldade das questões a partir dos Tópicos estudados na aula. Analisando esse gráfico, podemos perceber que as questões rotuladas como 'Difícil' (N5) estão distribuídas em três assuntos, em ordem decrescente: Modelo TCP/IP (30%), Modelo OSI (10%) e Introdução (10%).

Apesar de o tópico Introdução apresentar maior variabilidade no nível de dificuldade das questões, metade destas foram rotuladas como 'Normal' (N3) e a outra metade foi igualmente dividida entre os níveis 'Difícil' e 'Fácil' (N1). E, finalmente, o tópico Comutação e Roteamento é composto somente de questões de nível 'Normal'.

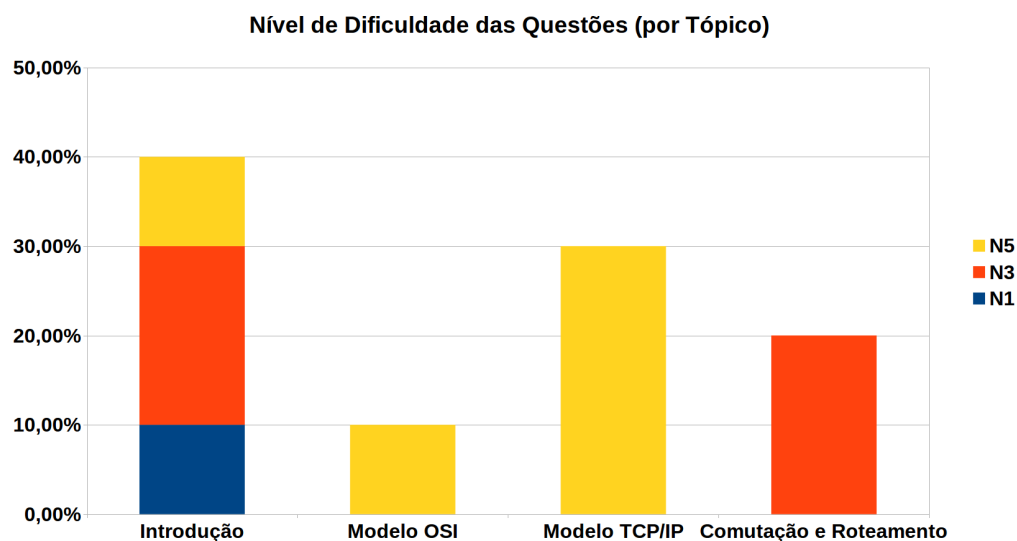


Figura 5.5: Gráfico do Nível de Dificuldade dos Tópicos

A Tabela 5.1 apresenta a correspondência entre uma determinada questão e o conteúdo ao qual ela pertence. Ter conhecimento dessa relação pode ajudar a identificar mais facilmente as questões e os conteúdos que precisam de reforço, uma vez que as métricas apresentadas na Seção 5.2 fornecerão mais detalhes sobre o desempenho dos estudantes.

Tabela 5.1: Nível de Dificuldade das Questões

Questão	Conteúdo
1	Comutação e Roteamento
2	Comutação e Roteamento
3	Modelo TCP/IP
4	Modelo OSI
5	Introdução
6	Modelo TCP/IP
7	Introdução
8	Modelo TCP/IP
9	Introdução
10	Introdução

5.1.3 Questionário da ‘Aula02’

Observando a Figura 5.6, nota-se que a maior parte das questões pertence ao Tópico ‘Meios de Transmissão Guiados’ (70%) que aborda diversos tipos de cabos para transmissão de dados em redes de computadores, além de conectores, padrões e estatísticas de atenuação do sinal associados a eles.

O segundo tópico abordado ‘Meios de Transmissão não guiados’ (30%) descreve a transmissão de dados sem fio apresentando meios de propagação de sinal, detalhando os tipos de onda e seus respectivos espectros eletromagnéticos e finalidades.

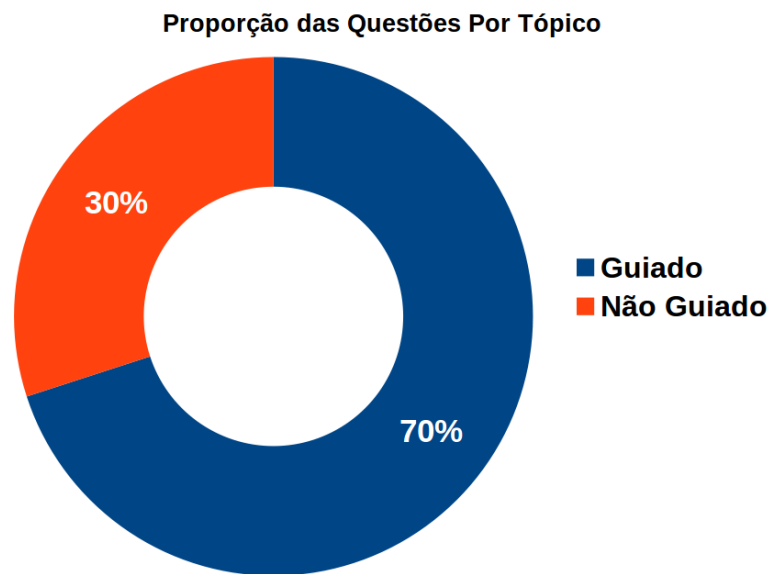


Figura 5.6: Proporção dos Tópicos das Aulas no Questionário

A Figura 5.7 resume informações sobre a distribuição do nível de dificuldade das questões, onde pode-se perceber que todas as 10 questões possuem o mesmo nível de dificuldade, isto é, o nível ‘Normal’ (N3).

Essa distribuição ocorreu para possibilitar uma melhor medição dos dois grupos de alunos pesquisados, com o objetivo de verificar se as ajudas sob demanda influenciaram ou não o desempenho dos alunos.



Figura 5.7: Gráfico do Nível de Dificuldade das Questões

A análise da Figura 5.8 e da Tabela 5.2 corrobora a informação contida nas Figuras 5.6 e 5.7, isto é, que existem mais questões relacionadas ao tópico ‘Meios de Transmissão Guiados’ (70%) e que todas as questões apresentam o mesmo nível de dificuldade (‘Normal’).

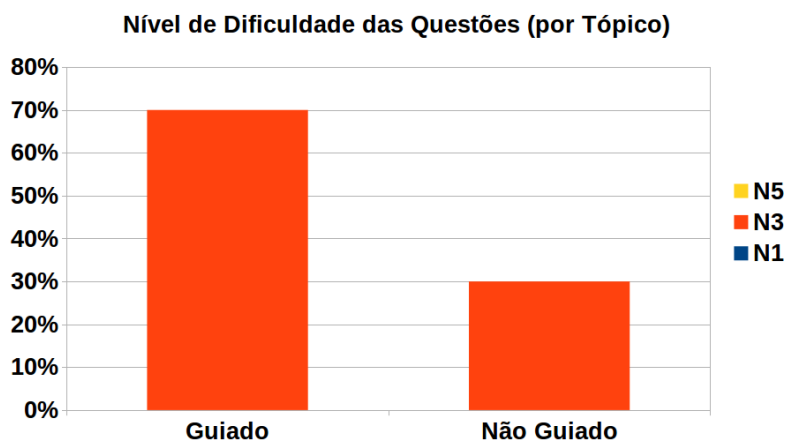


Figura 5.8: Gráfico do Nível de Dificuldade dos Tópicos

Tabela 5.2: Nível de Dificuldade das Questões

Questão	Conteúdo	Nível de Dificuldade
1	Guiado	3
2	Guiado	3
3	Guiado	3
4	Guiado	3
5	Guiado	3
6	Guiado	3
7	Guiado	3
8	Não Guiado	3
9	Não Guiado	3
10	Não Guiado	3

Uma vez conhecidos os detalhes de cada uma das aulas e questionários aplicados, podemos tratar e discutir o desempenho dos estudantes a partir das métricas propostas nesta dissertação.

5.2 Execução da Aula Experimental

A execução de um processo educacional vai além do momento temporal em que acontece a aula, abrangendo inclusive o processo avaliativo e as análises feitas dos *feedbacks* dados pelos estudantes como comentários ou os próprios questionários devolvidos. A proposta apresentada nesta dissertação acrescenta ainda os dados coletados automaticamente pela interação do estudante com o material didático como parte do *feedback* para avaliação *a posteriori* da aula. Assim, para melhor organização e entendimento dos resultados, a discussão será feita a partir das aulas

descritas da Seção 5.1 e das métricas de aprendizagem apresentadas na Seção 4.4 e que são parte integrante do Módulo *Métricas* da arquitetura introduzida no Capítulo 4.

5.2.1 Análises da ‘Aula01’

Esta subseção apresenta as análises a partir dos dados obtidos na execução da aula descrita nas Subseções 5.1.1 e 5.1.2, onde o grupo pesquisado foi composto por 15 estudantes de ensino técnico da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica matriculados no 3º Módulo do Curso Técnico Subsequente em Informática.

5.2.1.1 Análise pela Pontuação Tradicional

A primeira métrica a ser discutida aqui é a da pontuação tradicional, apresentada na Seção 4.4.1. Considerando que o questionário elaborado contém 10 questões principais, por essa métrica, cada questão vale exatamente 1 ponto. Assim, se um estudante acerta 7 questões, obtém 7 pontos.

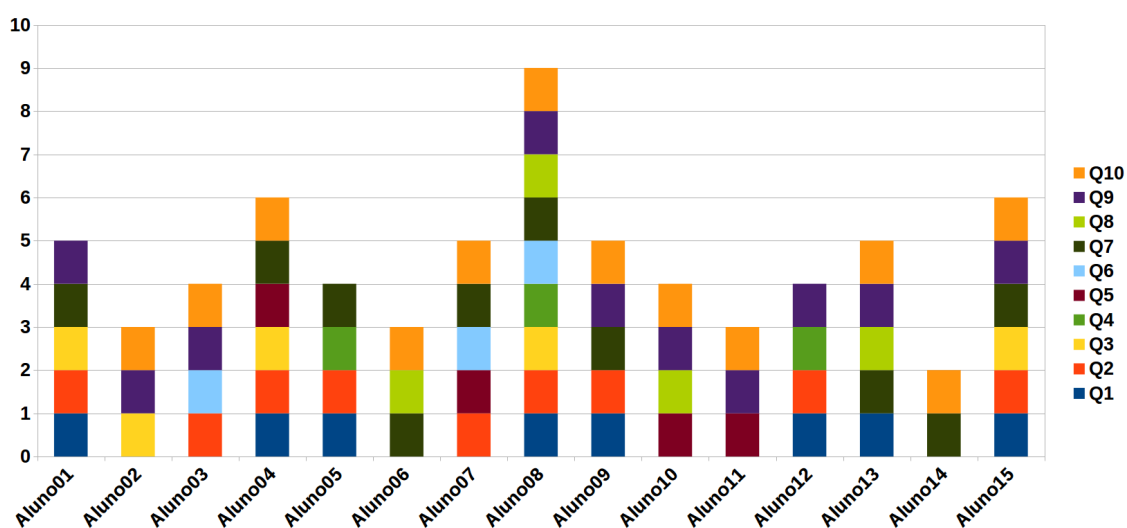


Figura 5.9: Gráfico com a Pontuação dos alunos no questionário

Na Figura 5.9, pode-se verificar que 46,67% da turma obteve nota igual ou superior a 5.0 pontos, enquanto 53,33% dos estudantes obtiveram pontuação entre 2 e 4 pontos. Se fôssemos permanecer apenas nessa métrica, poderíamos chegar à conclusão de que a aplicação do exercício foi um desastre e que os estudantes pouco aprenderam. Entretanto, uma análise a partir dos gráficos do Nível de Dificuldade por Tópico (Figura 5.5) e do Percentual de Acertos por Tópico (Figura 5.10), revela que a maioria dos erros vieram das questões consideradas mais difíceis, o que significa que a diferença no nível de dificuldade das questões moldou a distribuição dos acertos por conteúdo.

Essa análise inicial nos leva a considerar a insuficiência da avaliação baseada unicamente em número absoluto de questões acertadas e corrobora a necessidade de inserção de outros tipos de

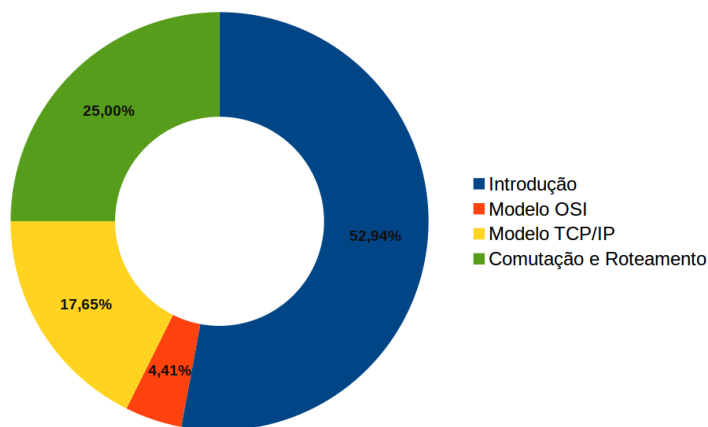


Figura 5.10: Percentual de acertos por Tópico

métricas e abordagens que ajudem a entender melhor o desempenho dos estudantes em uma situação de avaliação baseada em questionário de múltipla escolha.

5.2.1.2 Análise pelo Nível de Confusão

Conforme introduzido na Seção 4.4.2, o Nível de Confusão diz respeito à incerteza ou dúvida que um estudante teve ao responder uma questão. Essa dúvida é mensurada a partir da quantidade de vezes que uma resposta marcada foi alterada, assim, quanto mais alterações, maior a dúvida do estudante.

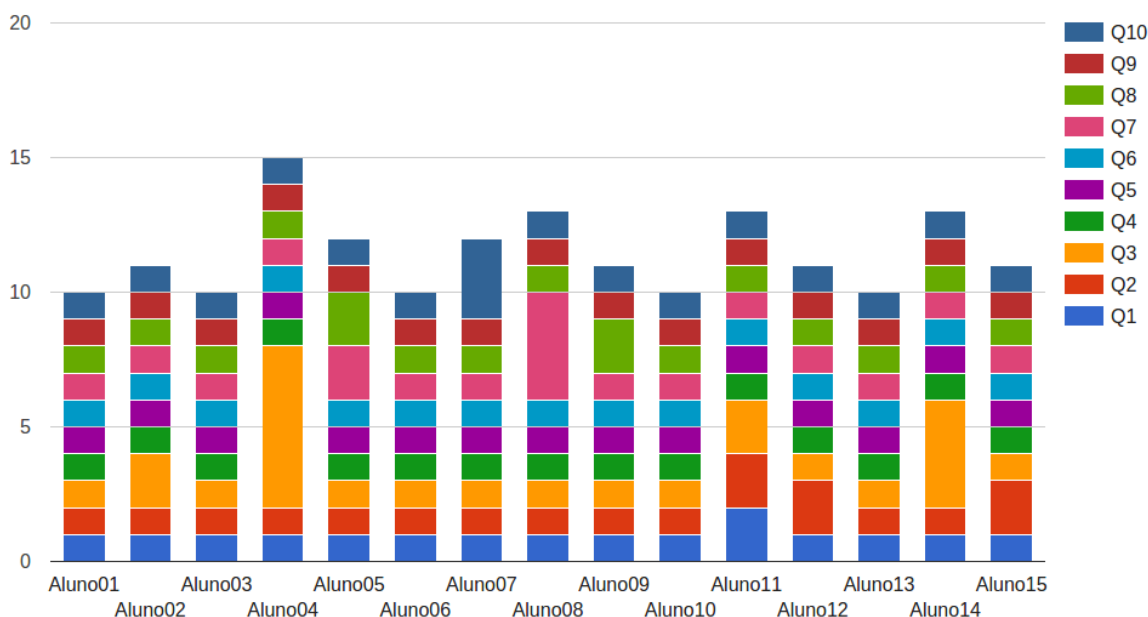


Figura 5.11: Quantidade de Respostas (valores absolutos)

No gráfico da Figura 5.11, observa-se que a Questão 3 (Difícil) foi a que mais motivou confusão por parte dos estudantes, pois, foi a questão com maior quantidade de alterações. Entretanto, ainda

pode-se notar comportamentos muito diferenciados, por exemplo, nas respostas dos Alunos 04 e 13. Enquanto o primeiro alterou 5 vezes (primeira marcação + cinco alterações) a resposta da Questão 3, o segundo marcou apenas uma única vez. Comparando com o gráfico da Pontuação (Figura 5.9) vemos que, apesar de estar mais confuso do que o Aluno 13, o Aluno 04 obteve, nessa métrica, um desempenho melhor do que o Aluno 13.

Comparando o Gráfico no Nível de Confusão com o Gráfico do Nível de Dificuldade das Questões (Figura 5.4), observa-se que a Questão 3, onde os estudantes tiveram mais dúvidas e tem nível de dificuldade Normal, de acordo com a Tabela 5.1, pertence ao Tópico Modelo TCP/IP. Essa descoberta pode fornecer indícios da necessidade de reforço desse conteúdo.

A partir dessa análise, o Nível de Confusão parece ser um bom mecanismo para conhecer melhor o padrão de conhecimento adquirido da turma e de cada estudante avaliado, entretanto, ainda é necessário analisar outras métricas para um conhecimento mais completo.

5.2.1.3 Análise pelo Tempo de Resposta

A métrica Tempo de Resposta está relacionada com o tempo gasto para resolução de uma questão/questionário, em valores absolutos. Pela Figura 5.12, tem-se que as Questões 2 e 3 estão entre as que a turma gastou mais tempo para responder. Ao cruzar essa informação com o que foi percebido pela Análise do Nível de Confusão (Seção 5.2.1.2, corrobora-se a necessidade de reforço do Tópico ‘Modelo TCP/IP’ (Questão 3) por parte do professor.

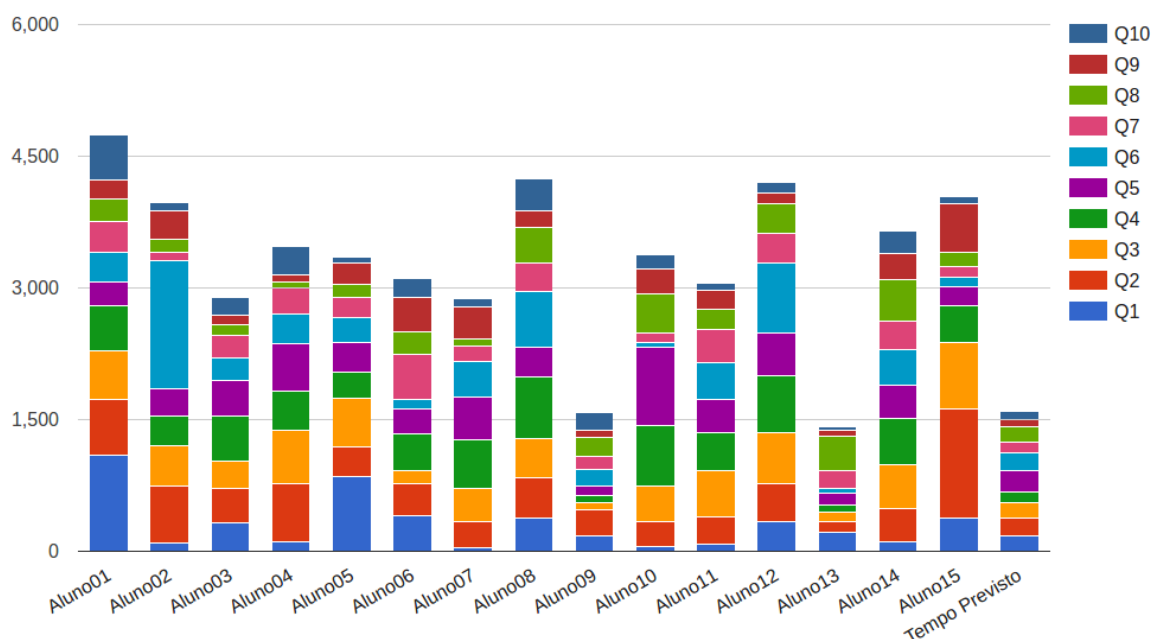


Figura 5.12: Tempo de Resposta das Questões/Questionário (em segundos)

5.2.1.4 Análise pelo Nível de Desordem

O Nível de Desordem diz respeito à ordem em que os estudantes responderam definitivamente as questões, isto é, a ordem final das respostas do estudante em relação à ordem proposta pelo professor para as questões. Assim, quanto maior o valor calculado, mais longe da ordem inicialmente prevista. Essa é mais uma métrica de avaliação do professor que do estudante, pois, sua principal finalidade consiste em tentar encontrar indícios de que a ordem das questões, pensada pelo professor, foi a mais adequada para a turma avaliada.

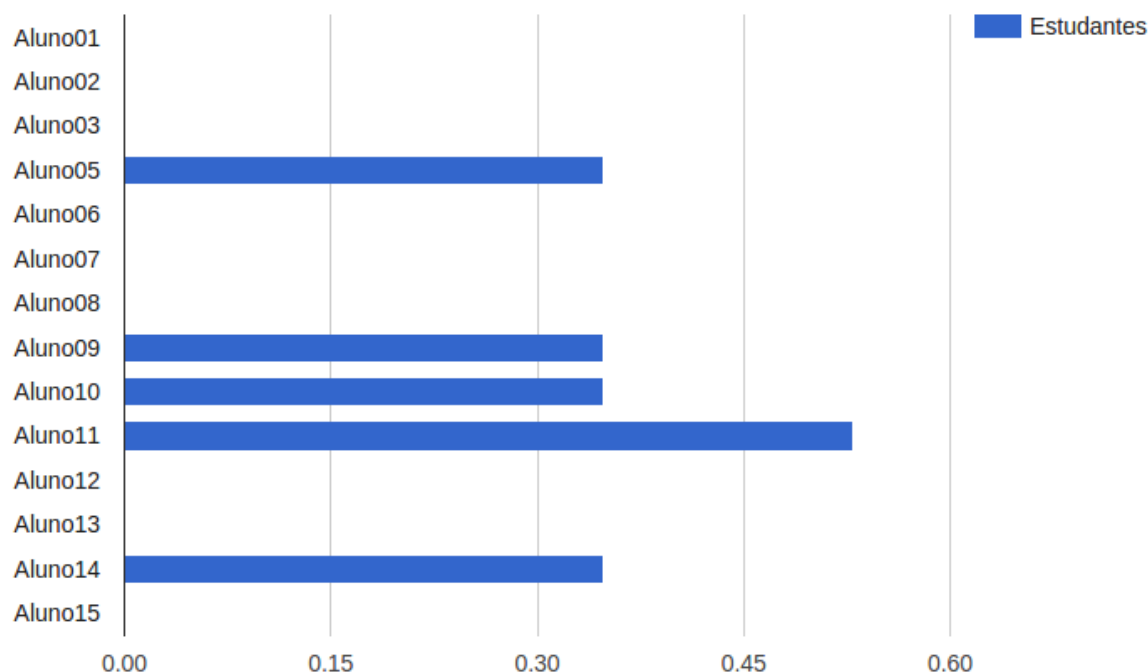


Figura 5.13: Gráfico do Nível de Desordem no Questionário (por aluno)

Pela Figura 5.13, nota-se que apenas um terço dos alunos (33,33%), de um total de 15, responderam às questões em uma ordem entre 30% e 50% diferente da pensada pelo professor durante a fase de planejamento da aula (Seção 5.1). Em contrapartida, dois terços (66,67%) da turma respondeu o questionário seguindo a ordem pré-estabelecida.

É interessante notar que uma análise crítica desta métrica, pode levar a supor que esta é uma métrica fraca, visto que, o simples percentual de estudantes que respondem o questionário na ordem pré-estabelecida pelo professor não leva em consideração fatores humanos como um possível pré-condicionamento da turma a responder sempre as questões na ordem dada. Entretanto, essa tendência pode ou não ser confirmada a partir de um número maior de aplicações de questionários usando a abordagem proposta nesta dissertação.

5.2.1.5 Análise pelo Nível de Compreensão

O Nível de Compreensão é uma razão do produto dos diversos níveis de dificuldade (Tópico, Conteúdo, Questão) e do desvio da alternativa (o quão distante a opção marcada está da correta) pelo tempo esperado de resposta do aluno (informado pelo professor no Compositor). Ou seja, se o estudante responder a questão dentro do tempo esperado, o produto será dividido por 1, senão, será dividido por 5. Assim, se o aluno ultrapassar o tempo esperado para resposta, mesmo que marque a alternativa correta, seu nível de compreensão será mais baixo do que alguém que respondeu dentro do tempo estimado. Essa diferenciação ajuda a mensurar o nível de esforço de um aluno e, indiretamente, a curva de aprendizagem que ele precisou superar.

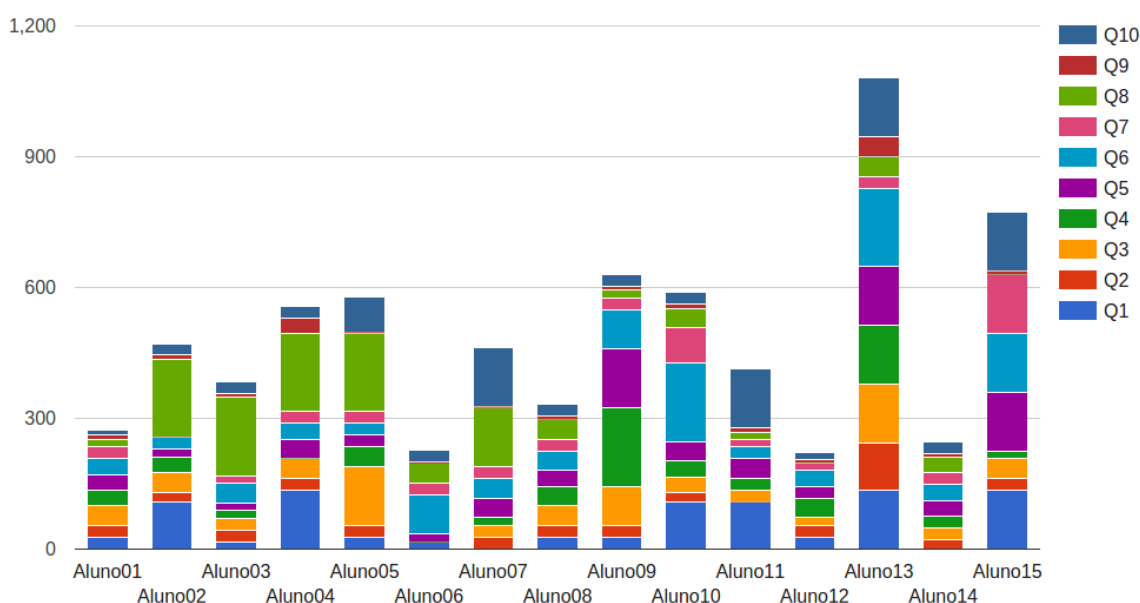


Figura 5.14: Gráfico do Nível de Compreensão

Por exemplo, o Aluno 10 obteve o valor 4 na métrica Pontuação (Figura 5.9), pois, acertou as questões Q5, Q8, Q9 e Q10. A partir do gráfico do Nível de Compreensão, nota-se que obteve os valores: 45, 45, 9 e 27 para as mesmas questões. Aplicando a Equação 4.3 em cada uma destas questões, obtém-se que o valor máximo possível desta métrica é 225, 255, 45 e 135 (conforme exemplificado na Seção 4.4.5) e, assim, tem-se que este estudante alcançou 20% do total da métrica para estas questões. Essa diferença entre a Pontuação e o Nível de Compreensão pode ser facilmente entendida olhando o gráfico do Tempo de Resposta (Figura 5.12), onde verifica-se que, em todos esses casos, o aluno ultrapassou o limite máximo de tempo esperado para responder às questões. Assim, podemos considerar que a sua curva de aprendizagem foi mais alta para estas questões. Outro dado importante é que 3/4 das questões acertadas pelo Aluno 10 pertencem ao Tópico ‘Introdução’.

Analisando o restante das questões respondidas pelo Aluno 10, nota-se que, apesar de ter obtido nota 0 a partir da métrica Pontuação, o Nível de Compreensão nos ajuda a fazer um diagnóstico melhor do seu desempenho. Olhando o parâmetro ‘Desvio’ (Figura 5.15), relativo à distância que

a opção marcada está da opção correta, percebe-se que, para as Questões 1, 2, 3, 4 e 6, foram marcadas alternativas com o valor 4, isto é, o mais próximo do correto e, para a Questão 7, o desvio foi de 3, seja, o valor médio. Assim, apesar de não ter marcado as alternativas exatas (desvio igual a 5), o estudante marcou a alternativa mais próxima.

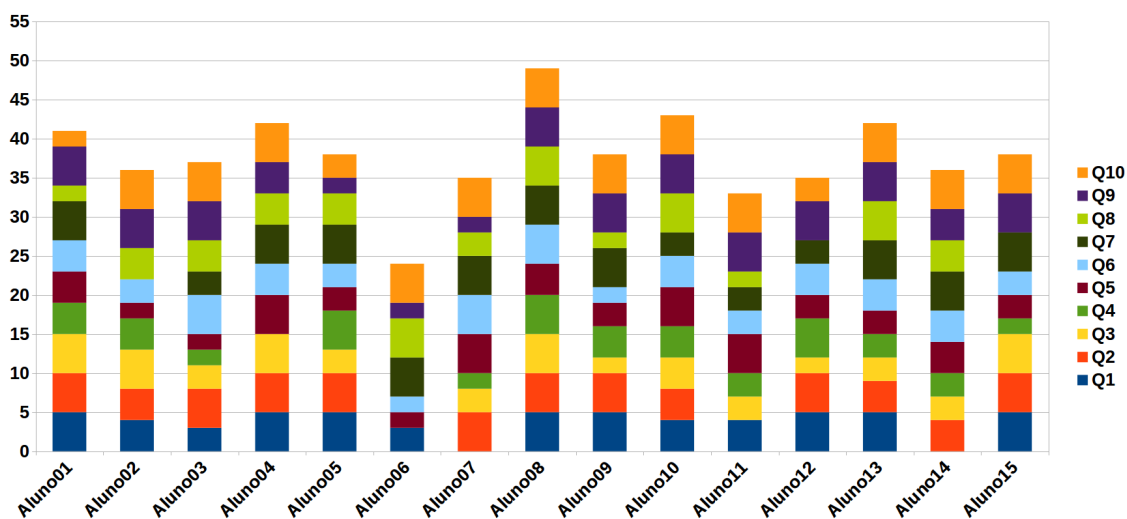


Figura 5.15: Desvio na Questão - Parâmetro do Nível de Compreensão

De acordo com o gráfico do Nível de Compreensão, percebe-se uma diferença relevante entre os Alunos 12 e 13, pois, enquanto o primeiro registrou o menor nível de compreensão da turma, o segundo obteve o melhor desempenho nesta métrica. Analisando o parâmetro de Desvio (Figura 5.15), percebe-se que a diferença de resposta entre eles não foi discrepante, visto que o somatório dos seus desvios é 35 e 42, respectivamente. Assim, entende-se essa diferença em função do tempo que cada um gastou resolvendo as questões, pois, no gráfico do tempo de resposta (Figura 5.12), nota-se que o Aluno 12 foi um dos que mais gastou tempo na resolução das questões (ultrapassando várias vezes o limite de tempo previsto), enquanto, o Aluno 13 registrou um dos menores tempos por questão da turma.

5.2.1.6 Análise do Impacto das Ajudas

Na Seção 4.2, foi apresentada e proposta uma abordagem para o uso de questionários com ajuda sob demanda, isto é, que apresentam níveis de apoio ao estudante na resolução de uma questão, mediante uma necessidade ou demanda. Neste trabalho, as ajudas foram condicionadas ao tempo de inatividade, isto é, estando no questionário e após um período de tempo sem interação, é detectada uma possível dificuldade do estudante para resolver uma questão. A partir daí, o servidor começa a enviar modificações no questionário, isto é, são habilitadas algumas opções na tela da questão com o objetivo de auxiliar o aluno na resolução do problema.

Para esse experimento, foi definido o tempo de 30 segundos como parâmetro para envio de cada uma das três ajudas possíveis (Sugestão, Voltar ao Conteúdo, Questão Alternativa). Assim, para um questionário com 10 questões, há um total de 30 ajudas disponíveis.

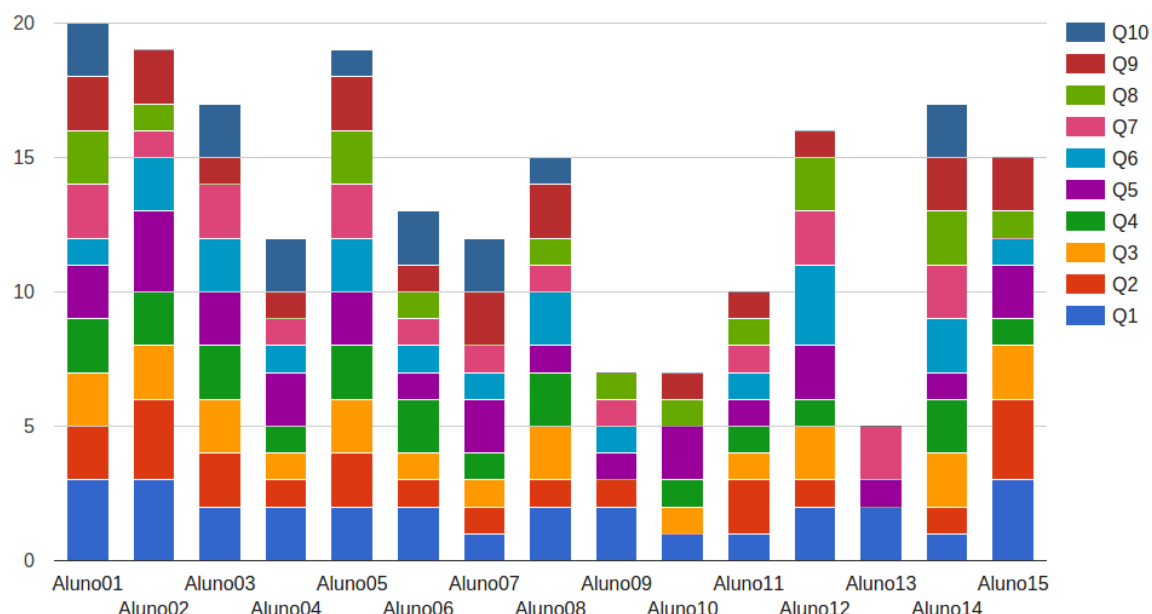


Figura 5.16: Quantidade de Ajudas por Aluno

Com a finalidade de mensurar melhor o impacto das ajudas no desempenho dos estudantes, eles foram divididos em dois grupos: (1) Estudantes que usaram 15 ou mais ajudas; (2) Estudantes que usaram menos de 15 ajudas. Essa divisão pode ser facilmente observada na Figura 5.16. Assim, o primeiro grupo contém 8 estudantes (Alunos 1, 2, 3, 5, 8, 12, 14 e 16), enquanto o segundo grupo contém 7 (Alunos 4, 6, 7, 9, 10, 11 e 13). Utilizando a Pontuação tradicional, nota-se que a média dos alunos que usaram mais ajudas (4.62 pontos) é maior do que a média dos alunos que usaram menos ajudas (4.42 pontos), o que fornece indícios de que o uso de questionários com níveis de ajuda melhora o desempenho do estudante.

5.2.2 Análises da ‘Aula02’

Esta subseção apresenta as análises a partir dos dados obtidos na execução da aula descrita nas Subseções 5.1.1 e 5.1.3, onde 14 estudantes foram divididos pelo professor em dois grupos heterogêneos.

5.2.2.1 Análise pela Pontuação Tradicional

Assim como na Seção 5.2.1.1, nesta métrica, a nota obtida pelo estudante depende da quantidade de questões principais respondidas corretamente, tendo sido utilizado um conjunto de 10 questões. As Figuras 5.17 e 5.18 apresentam os acertos de cada aluno dos grupos pesquisados, onde a Figura 5.17 exibe as pontuações dos alunos que receberam ajuda e a Figura 5.18 as dos que não receberam.

Observando as Figuras 5.17 e 5.18, nota-se que o grupo que recebeu ajuda sob demanda obteve uma Pontuação maior (35 pontos) do que o grupo que não recebeu ajuda (27 pontos). Em termos

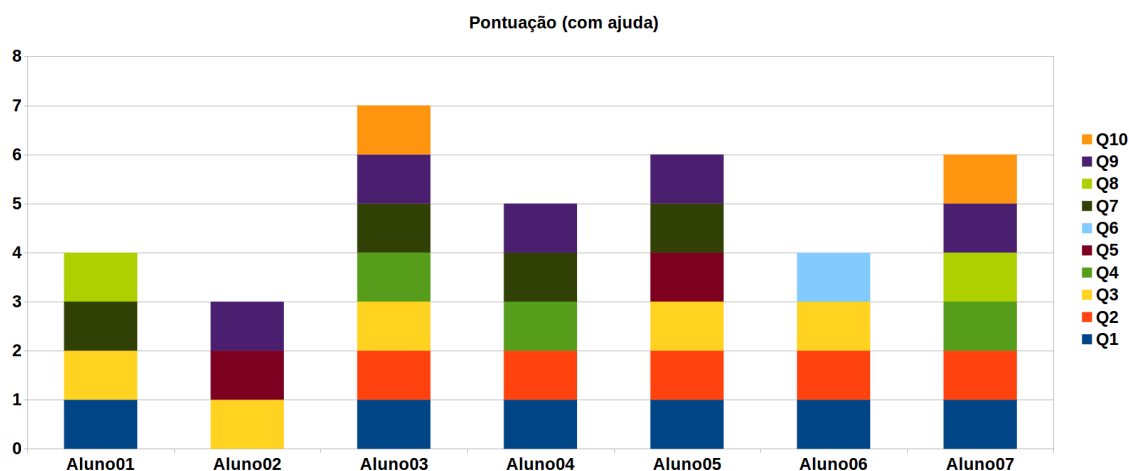


Figura 5.17: Gráfico com a Pontuação do grupo que recebeu ajuda sob demanda

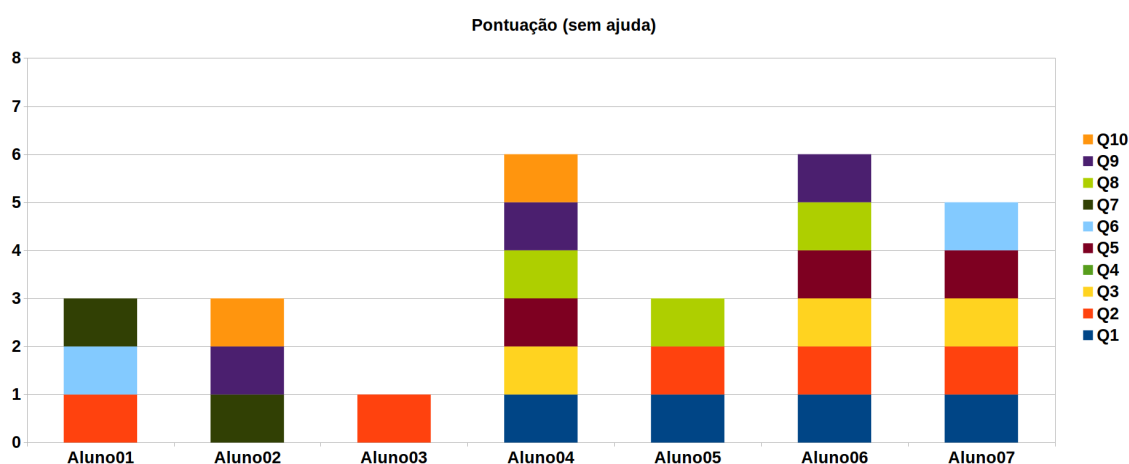


Figura 5.18: Gráfico com a Pontuação do grupo que não recebeu ajuda sob demanda

de média aritmética, o primeiro grupo obteve média igual a 5.0, enquanto o segundo obteve média 3.85. Assim, o grupo que recebeu as ajudas sob demanda acertou 22,86% mais questões do que o grupo que não recebeu.

Enquanto o gráfico da Figura 5.19 apresenta uma consolidação dos acertos por questão e facilita a visualização do desempenho da turma em números absolutos, os gráficos com o percentual de acertos por tópico, apresentados nas Figuras 5.20 e 5.21, evidenciam que os dois grupos tiveram um desempenho similar em relação à proporcionalidade de questões acertadas, além disso, não ficaram muito distantes da distribuição original das questões, visto que a Figura 5.6, que apresenta a proporção dos conteúdos por tópico no questionário, exibe uma proporção de 70% das questões sobre Meios de Transmissão Guiado e 30% sobre Meios de Transmissão Não Guiado.

Apesar de um percentual semelhante, pode-se notar que o grupo que recebeu ajuda acertou proporcionalmente mais questões do primeiro tópico do que o outro grupo, 74,29% e 70,37% respectivamente. É importante recordar que todas as questões possuem mesmo nível de dificuldade ('Normal').

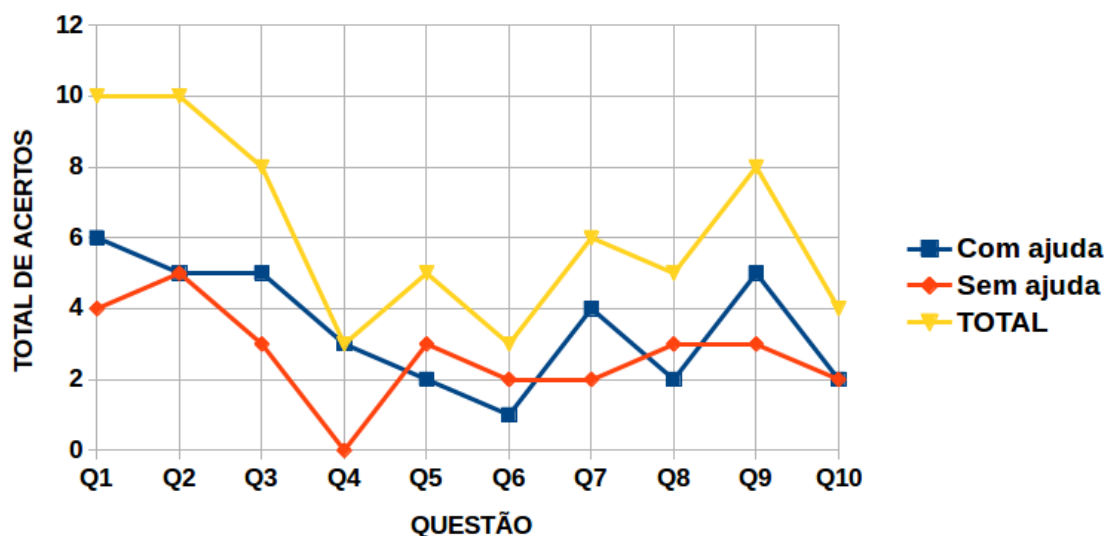


Figura 5.19: Gráfico com total geral de acertos na Aula 02

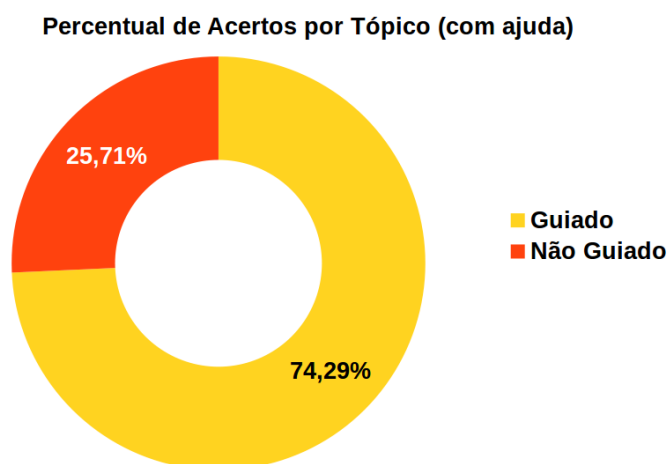


Figura 5.20: Percentual de acertos por Tópico do Grupo com ajuda sob demanda

Apesar desta métrica já evidenciar que os alunos que receberam ajuda do sistema obtiveram melhor desempenho no questionário, vimos que a Pontuação Tradicional não fornece maiores detalhes sobre o aprendizado, fazendo-se necessário observar as outras métricas propostas a fim de entender melhor o comportamento dos dois grupos pesquisados.

5.2.2.2 Análise pelo Nível de Confusão

Com relação ao nível de confusão, que mostra a incerteza através da quantidade de marcações de respostas em uma questão, as Figuras 5.22 e 5.23 evidencia que o grupo que recebeu ajuda sob demanda teve mais dúvidas (94 marcações) do que o que não recebeu (85 marcações).

Analisando a Figura 5.22, nota-se que 50% do questionário foi objeto de incerteza por parte dos estudantes, especificamente, as Questões 1, 3, 6, 8 e 10 tiveram a partir de 3 mudanças nas

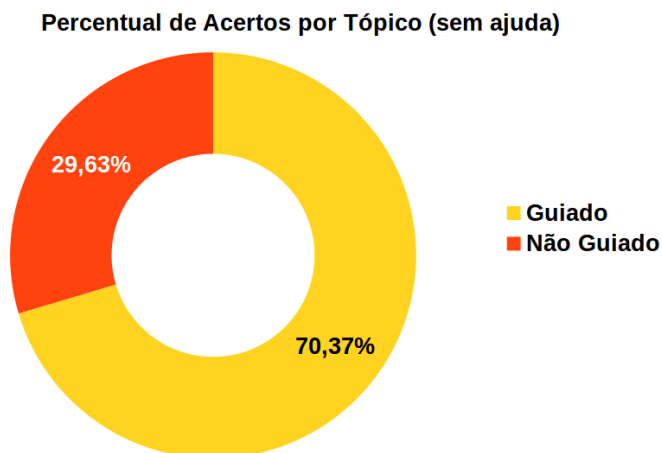


Figura 5.21: Percentual de acertos por Tópico do Grupo sem ajuda sob demanda

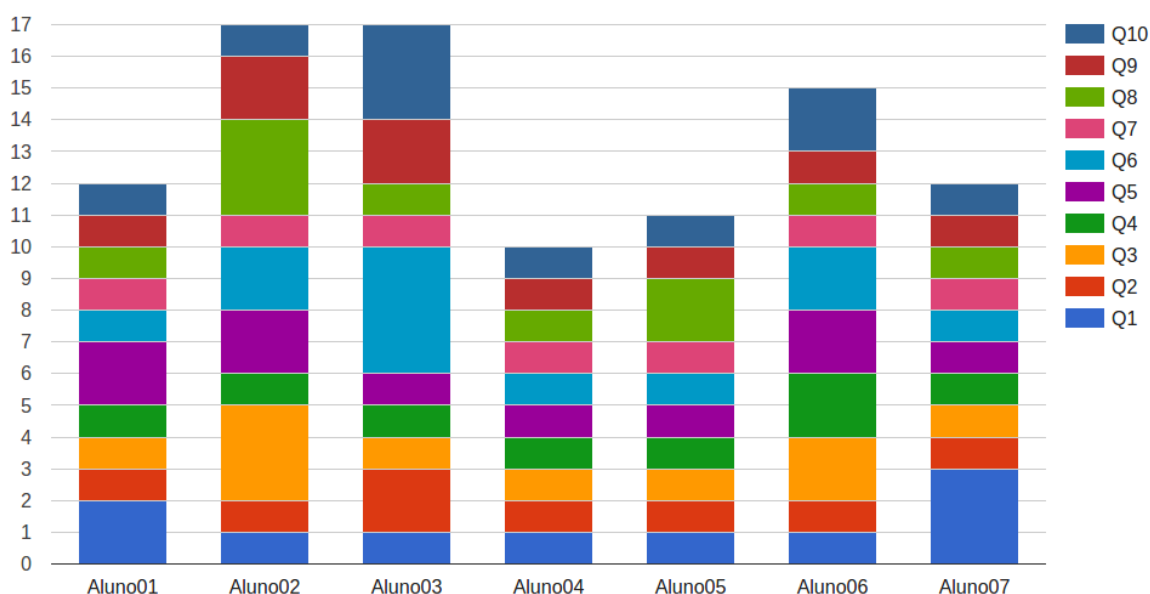


Figura 5.22: Quantidade de Respostas (com ajuda sob demanda)

respostas. Entretanto, na Figura 5.23 observa-se que apenas Questão 7 atinge uma quantidade de trocas compatível.

Cruzando os dados das Figuras 5.22 com os dados da Pontuação Tradicional (Seção 5.2.2.1), pode-se notar que, apesar de trocar mais vezes a quantidade de respostas (duvidar mais), no fim, quem recebeu ajuda sob demanda acertou mais. Essa informação dá indícios de que o sistema, com o uso de ajuda de sob demanda, contribui para maior compreensão dos problemas e conceitos abordados em aula.

Analisando conjuntamente as Figuras 5.22 e 5.23 e a Tabela 5.2, percebe-se que das 6 questões que suscitaram mais dúvidas, 4 questões estão relacionadas ao tópico meio de transmissão guiados, que percentualmente pode ser expresso como 66,67%. Ao comparar esse percentual com a distribuição das questões por tópico (Figura 5.6), é possível notar uma ligeira diferença de 3,33%, indicando

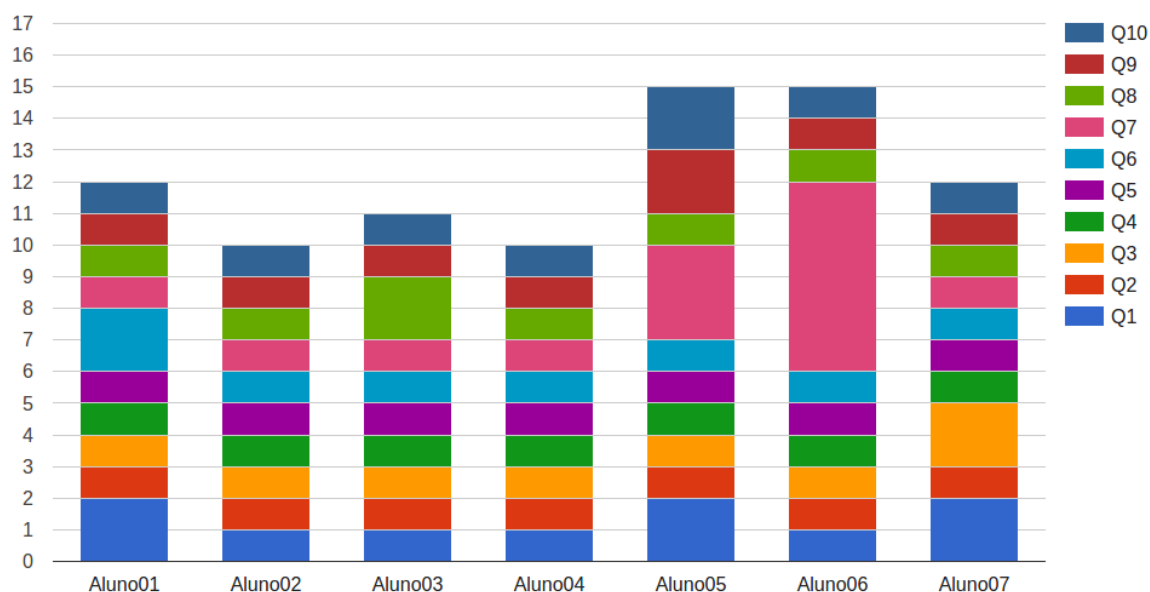


Figura 5.23: Quantidade de Respostas (sem ajuda sob demanda)

que a distribuição das dúvidas para a turma como um todo foi praticamente a mesma da distribuição dos conteúdos, o que significa que não houve uma quantidade expressiva de dúvidas em nenhum dos dois tópicos abordados no questionário.

5.2.2.3 Análise pelo Tempo de Resposta

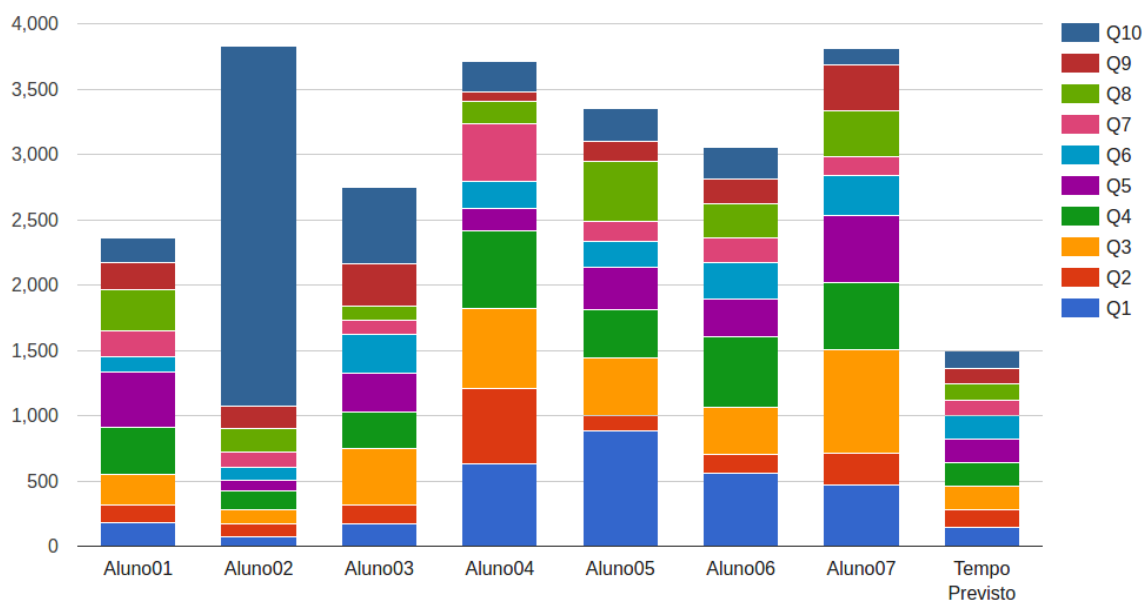


Figura 5.24: Tempo de Resposta das Questões/Questionário (em segundos) - Com ajuda

Com relação ao tempo gasto na resolução das questões, através das Figuras 5.24 e 5.25 nota-se que o grupo que recebeu ajuda demorou mais para responder às questões do que o grupo que não recebeu. Em termos percentuais, 85,71% dos estudantes do grupo com ajuda sob demanda demorou

mais de 2500 segundos (aproximadamente 42 minutos) para responder todo o questionário e apenas 14,28% dos alunos do outro grupo ultrapassou esse tempo.

Esse resultado era esperado, visto que o grupo com ajuda sob demanda tinha à disposição mais conteúdos do que o grupo sem ajuda. Além disso, a disponibilidade desse conteúdo adicional dependia da dificuldade percebida pelo sistema através do tempo de inatividade na tela da questão.

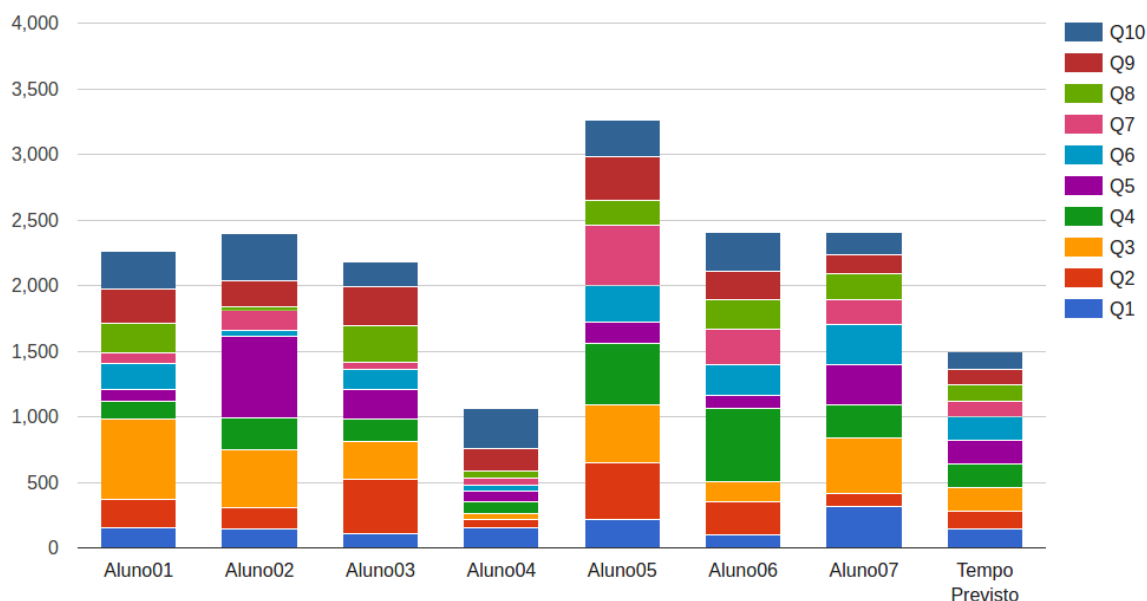


Figura 5.25: Tempo de Resposta das Questões/Questionário (em segundos) - Sem ajuda

5.2.2.4 Análise pelo Nível de Desordem

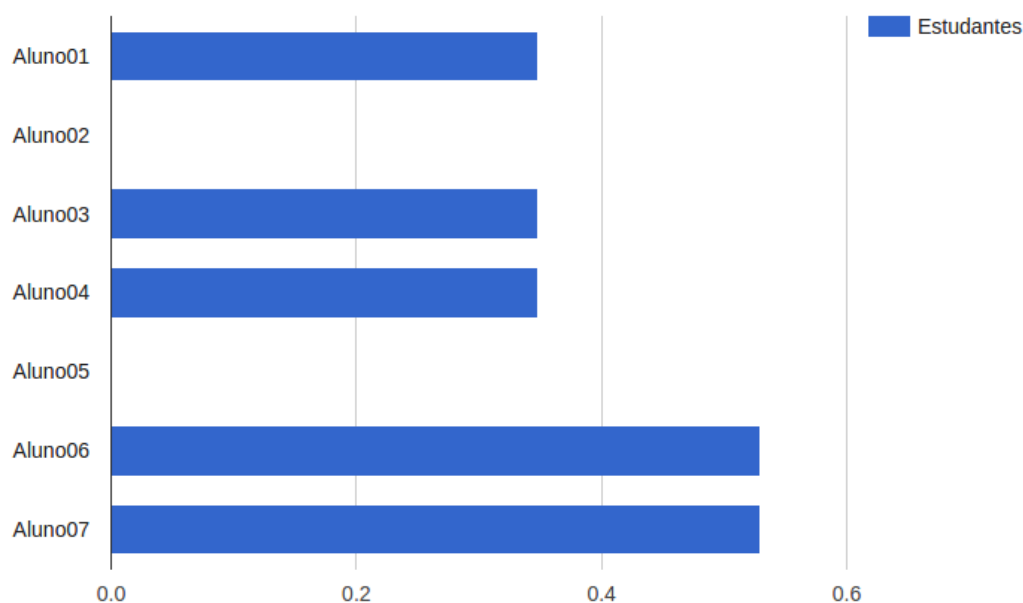


Figura 5.26: Gráfico do Nível de Desordem no Questionário (por aluno) - Com ajuda

Como dito na Seção 5.2.1.4, essa métrica tem relação com a diferença entre a ordem das questões tal como proposta pelo professor e a ordem em que os alunos efetivamente responderam tais questões onde, quanto maior o valor calculado, mais longe da ordem original do professor.

As Figuras 5.26 e 5.27 apresentam dados divergentes entre si, indicando que os alunos que não receberam ajuda sob demanda tenderam a responder às questões numa ordem mais diferente da proposta (média de 0,406) do que os alunos que receberam a ajuda (média de 0,300). Isso pode indicar que os alunos que não receberam ajuda trocaram mais vezes para tentar responder as questões que julgaram mais fáceis, enquanto o outro grupo tendem a responder as questões na ordem estabelecida porque confiava nas ajudas do sistema.

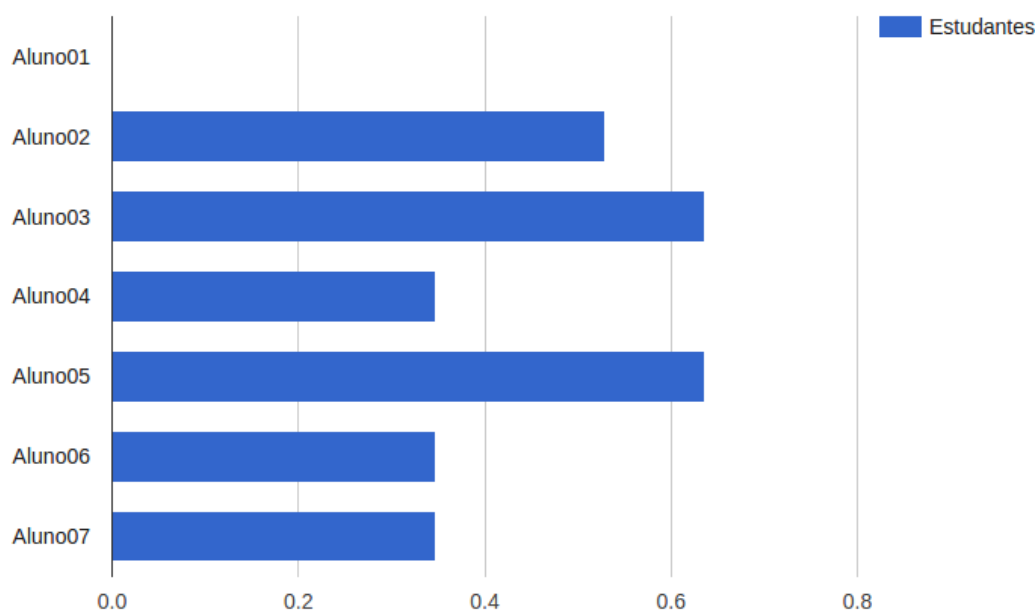


Figura 5.27: Gráfico do Nível de Desordem no Questionário (por aluno) - Sem ajuda

5.2.2.5 Análise pelo Nível de Compreensão

Analisando os gráficos 5.28 e 5.29, nota-se que o grupo dos alunos sem ajuda sob demanda obteve níveis de compreensão ligeiramente mais elevados que o grupo que recebeu as ajudas. Em termos percentuais, essa diferença foi de 11,05%. Cruzando esses dados com os dados da métrica ‘Tempo de Resposta’ (que também é um parâmetro do Nível de Compreensão), pode-se perceber que o tempo gasto na resolução de uma questão tem maior peso do que o desvio da resposta, pois, um elevado tempo de resposta corresponde exatamente a um baixo nível de compreensão.

Essa conclusão é confirmada pelos resultados dos Alunos 02 e 06 do grupo ‘com ajuda’ e os Alunos 02 e 04 do grupo ‘sem ajuda’. Do grupo ‘com ajuda’, o Aluno 02 obteve o maior nível de compreensão e, com exceção da Q10, foi exatamente o aluno que respondeu as questões mais rapidamente. O mais fenômeno ocorreu com o Aluno 04 do grupo ‘sem ajuda’. De modo inverso, os Alunos 06 (com ajuda) e 02 (sem ajuda), obtiveram o menor nível de compreensão de seus grupos e também estão entre os que mais demoraram para responder as questões.

É interessante salientar que a importância do tempo de resposta para o nível de compreensão já havia sido notada na Aula 01, apresentada e comentada na Seção 5.2.1.5.

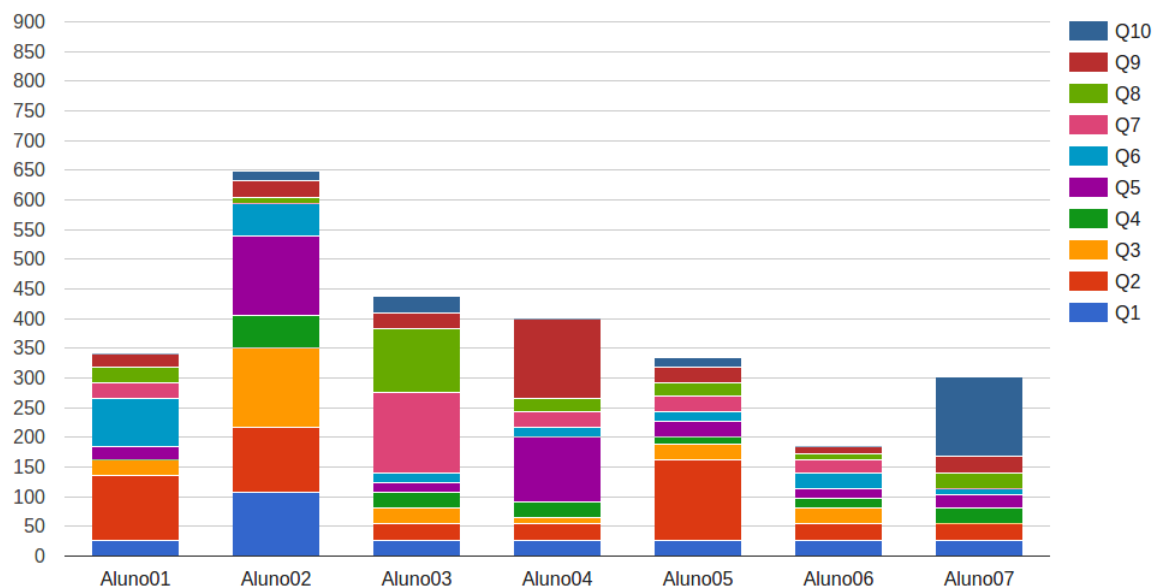


Figura 5.28: Gráfico do Nível de Compreensão (com Ajuda)

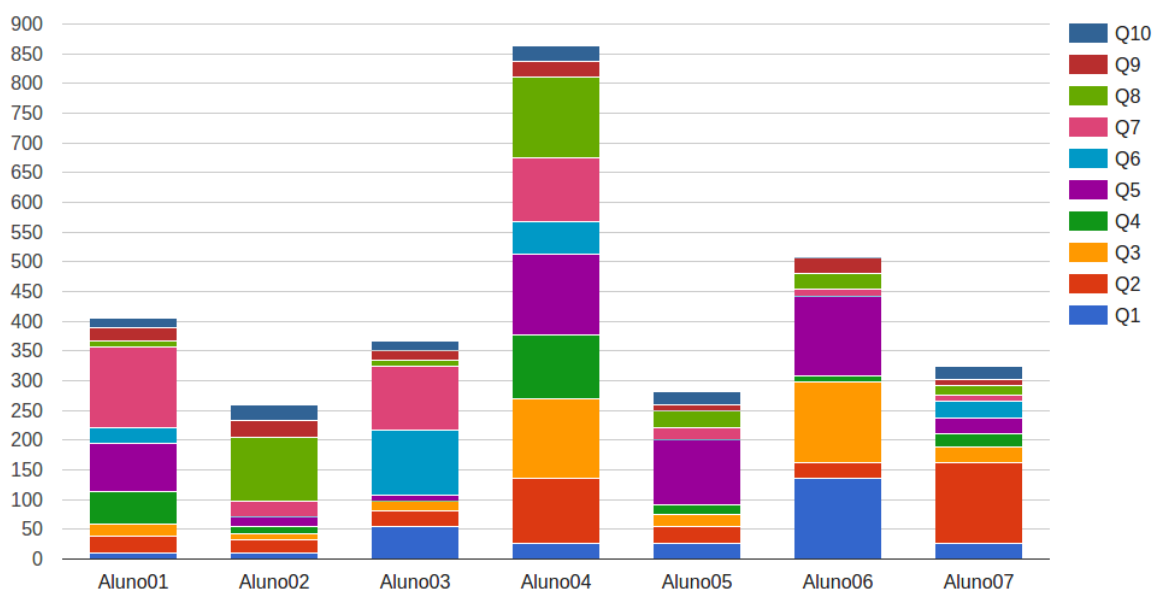


Figura 5.29: Gráfico do Nível de Compreensão (sem Ajuda)

Ao observar os gráficos do Desvio para os dois grupos (Figuras 5.28 e 5.29) nota-se que não há diferença significativa entre os desvios destes grupos, visto que a diferença percentual é de 4,96%, onde o grupo que recebeu ajuda obteve um melhor desempenho. Com esse dado, fica ainda mais evidente a importância do tempo de resposta para o Nível de Compreensão, pois, apesar de um desvio percentualmente maior, o grupo que recebeu ajuda precisou de 30,09% a mais de tempo para responder às questões.

A partir da Figura 5.18 (Pontuação Tradicional do grupo sem ajuda) nota-se que os Alunos 01, 02, 03 e 05 responderam corretamente 3, 3, 1 e 3 questões (Desvio 5), respectivamente, o que equivale a 30% para os Alunos 01, 02 e 05 e 10% de acertos para o Aluno 03. Ao comparar este resultado com o gráfico da Figura 5.31 (Desvio do grupo sem ajuda), nota-se que os mesmos alunos se aproximaram em 70%, 64%, 56% e 72% de acertar completamente o questionário. Essa informação sugere que o parâmetro Desvio pode contribuir como métrica auxiliar de verificação de acertos em relação a Pontuação Tradicional.

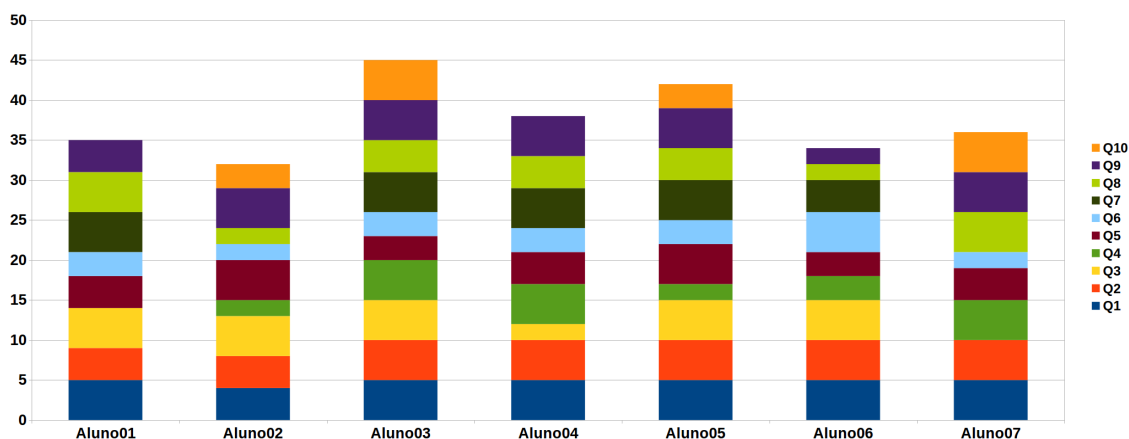


Figura 5.30: Desvio na Questão (com ajuda)

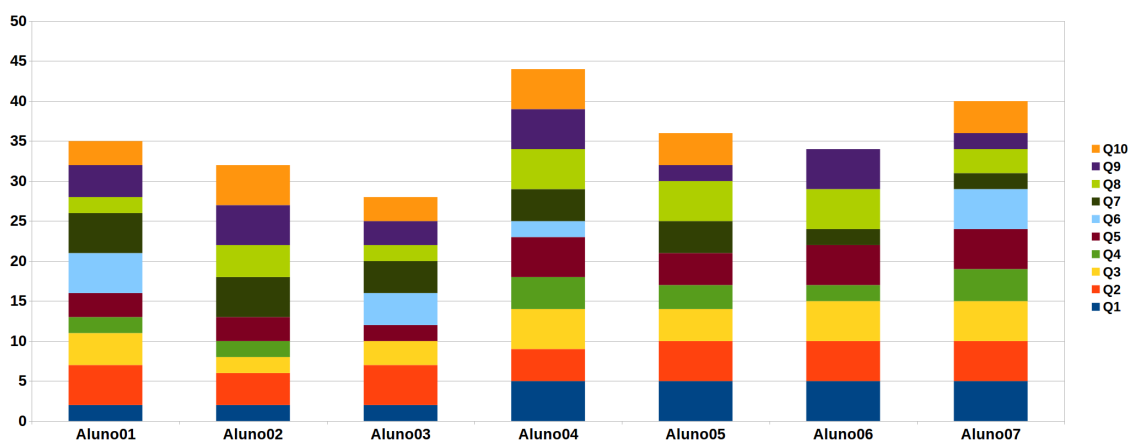


Figura 5.31: Desvio na Questão (sem ajuda)

5.2.2.6 Análise do Impacto das Ajudas

Assim como na Seção 5.2.1.6, foi medida a quantidade de vezes que os alunos utilizaram o recurso da ajuda sob demanda. Para esse experimento, foi definido o tempo de 30 segundos de inatividade como parâmetro para envio da primeira ajuda (Sugestão) e 7 segundos para as ajudas seguintes (Voltar ao Conteúdo e Questão Alternativa). Assim, do mesmo modo que na Aula 01, para um questionário com 10 questões, há um total de 30 ajudas disponíveis.

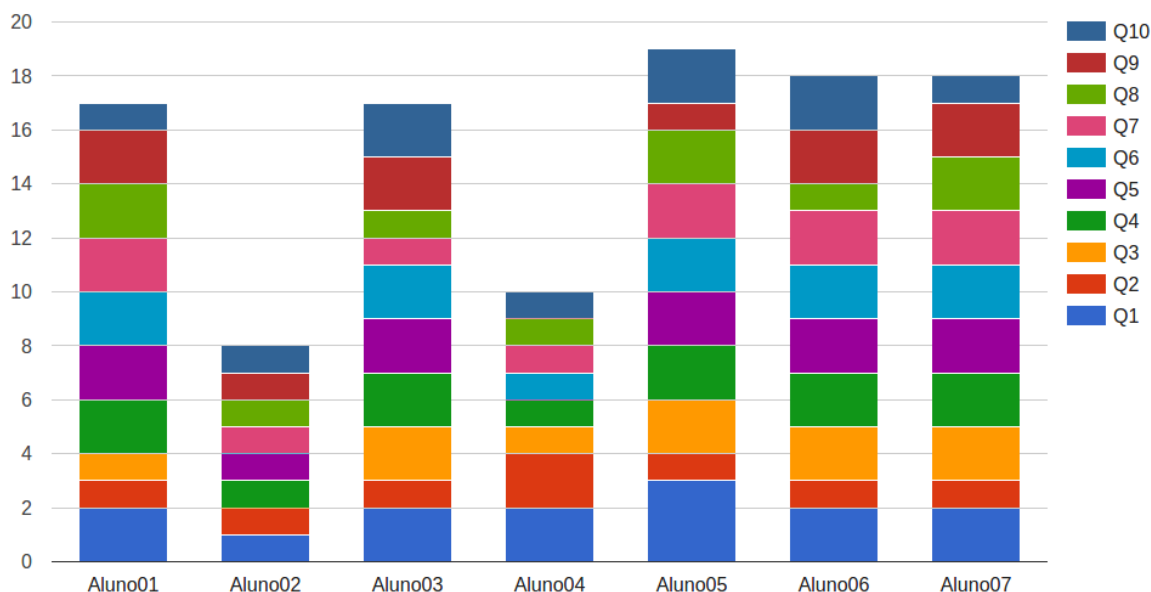


Figura 5.32: Quantidade de Ajudas por Aluno

Pela Figura 5.32, observa-se que a quantidade de uso das ajudas variou entre 8 e 19, sendo estes os valores mínimo e máximo, respectivamente. Além disso, 71,42% dos alunos usaram mais de 17 ajudas no decorrer de todo o questionário e a Q1 foi a questão que os alunos mais precisaram de suporte.

Considerando que, para cada um dos 7 alunos do grupo havia um total de 30 ajudas disponíveis, tem-se que um conjunto de 210 possibilidades de ajuda. Relacionando esse dado com a quantidade absoluta de ajudas efetivamente usadas pelo grupo (107), calcula-se que o grupo recorreu a 50,95% das ajudas disponíveis.

Comparando os dados de uso das ajudas dos dois grupos pesquisados (50,95% e 0%) com os dados da Pontuação Tradicional (Seção 5.2.2.1), tem-se uma reafirmação da contribuição da ajuda sob demanda para um melhor desempenho dos alunos, onde o grupo que recebeu ajuda acertou 22,86% mais questões do que o grupo que não recebeu.

5.3 Resumo

Este capítulo apresentou resultados e discussões de experimentos feitos em sala de aula, com uma turma de estudantes de curso técnico em Informática. Tais experimentos tiveram o objetivo de ser um estudo de caso que validasse o método proposto por este trabalho, onde são introduzidos recursos computacionais que sirvam de suporte ao professor durante todo o processo de ensino-aprendizagem. Para isso, foram propostas questões de pesquisa que nortearam as análises feitas nas seções seguintes. Além disso, para melhor divisão e entendimento, o capítulo foi dividido em duas seções principais, seguindo o processo de construção de uma aula definido por Zilse *et al.* (2016) que distingue duas fases de Composição e Execução da Aula, onde a análises feitas sobre as aulas encontram-se na fase de Execução.

A Seção 5.1 detalhou o planejamento e a composição das aulas utilizadas no experimento. Nessa parte, o ‘Compositor’ foi o meio através do qual a aula foi gerada utilizando diversos objetos de aprendizagem e definindo informações importantes para as métricas de análise da aprendizagem. Assim, foram inseridos os conteúdos da aula, as questões principais e secundárias e as sugestões utilizados nos questionários. Esta seção apresentou ainda estatísticas iniciais sobre as aulas, tais como os níveis de dificuldade e a distribuição proporcional dos conteúdos da aula.

A Seção 5.2 apresentou resultados e discussões a partir das métricas propostas na Seção 4.4. Tais discussões emergem como resultados diretos da inserção de recursos computacionais para coleta de dados e geração automática de gráficos. Esta seção contém duas subseções (5.2.1 e 5.2.2) sobre as aulas experimento. Além disso, essas subseções contém análises sobre as métricas e sobre o uso de questões com ajuda sob demanda.

As Subseções 5.2.1.1 e 5.2.2.1 apresentaram a métrica tradicional de cálculo de pontos a partir do somatório dos valores das questões que cada aluno acertou. Ao longo das seções seguintes, ficou mais evidente a insuficiência dessa métrica como único ou principal mecanismo de avaliação do desempenho dos estudantes. O principal motivo é que a simples pontuação não fornece elementos suficientes para uma visão mais detalhada das dificuldades e características dos estudantes e da turma, diminuindo assim as possibilidades de o professor identificar e trabalhar melhor as demandas que surgem.

As Subseções 5.2.1.2 e 5.2.2.2 apresentaram resultados e discussões relativos à métrica do Nível de Confusão que é baseada em quantas vezes uma questão teve a resposta marcada ou trocada pelo aluno. Esta métrica evidencia a incerteza da turma diante de uma questão e, ao ser associada à tabela do nível de dificuldade das questões, possibilita a rápida identificação de qual tópico precisa ser melhor trabalhado com a turma analisada. É importante recordar que a análise do Tempo de Resposta (tempo gasto na resolução de uma questão), cujos resultados foram discutidos nas Subseções 5.2.1.3 e 5.2.2.3, ajudou a confirmar a necessidade apontada anteriormente pelo Nível de Confusão.

A métrica do nível de desordem evidencia a tendência da turma na resolução de um questionário avaliativo no que diz respeito à ordem em que as questões são consideradas resolvidas pelo

estudante. Os resultados apresentados nas Subseções 5.2.1.4 e 5.2.1.5 mostram evidências de que a ordem das questões, definida pelo professor na etapa de Composição da Aula, foi adequada para mais da metade da turma, quando esta recebeu ajuda sob demanda. De modo inverso, os alunos que não receberam ajuda sob demanda, tenderam a responder as questões que julgaram mais fáceis.

Das métricas utilizadas neste trabalho, o nível de compreensão (Subseções 5.2.1.5 e 5.2.2.5) contém parâmetros que fornecem elementos sobre a aquisição de conhecimento a partir de um processo avaliativo, com mais detalhes do que a Pontuação tradicional. Levando em consideração os níveis de dificuldade do tópico, do conteúdo, da questão e o quão perto uma alternativa está da correta e em função do tempo de resposta, essa métrica possibilita ao professor verificar o nível de dificuldade dos estudantes, ou da turma, para resolver um conjunto de questões. O tempo é um fator muito importante dessa métrica, pois, caso o estudante ultrapasse um limiar pré-definido pelo professor, será penalizado no seu nível de compreensão. Assim, de acordo com essa métrica, para dois estudantes que escolheram a mesma alternativa de resposta, caso um responda dentro do tempo limite e outro ultrapasse, o segundo estudante será avaliado com menor nível de compreensão do que o primeiro.

As Subseções 5.2.1.6 e 5.2.2.6 discutem sobre a eficácia no desempenho dos estudantes do uso de ajuda sob demanda em questionários avaliativos, onde a partir dos resultados obtidos, foram encontrados indícios de que a abordagem proposta ajuda a melhorar os resultados obtidos pelos estudantes.

Capítulo 6

Conclusão

Esta dissertação descreveu e discutiu um modelo de educação apoiada por tecnologia com uso de questionários de avaliação com níveis de ajuda sob demanda e que oferecesse suporte ao professor nas fases de Construção e Execução de uma aula presencial, além de métricas para avaliação do desempenho dos estudantes. Assim, neste capítulo final, são propostos diversos trabalhos que podem adicionar melhorias ao método aqui apresentado e são feitos comentários finais acerca do método e dos resultados obtidos.

6.1 Considerações Finais

As novas tecnologias estão presentes em todos os níveis da sociedade atual, possibilitando maior capacidade de comunicação e facilitando diversos processos. Entretanto, pouco a pouco, os artefatos tecnológicos vão abandonando seu *status* de simples ferramentas e passando a integrar a vida humana de tal maneira que todas as relações acabam sendo mediadas por alguma tecnologia. De certo modo, essa mediação tecnológica molda a maneira como o ser humano enxerga, interage e significa a realidade e o mundo ao seu redor.

Se a maneira humana de significar o mundo e a realidade são profundamente marcadas pela tecnologia, então, o conhecimento e as formas de adquiri-lo ou construí-lo também o são. Sendo a escola o principal meio através do qual o indivíduo tem acesso ao conhecimento, os processos pedagógicos da educação escolar precisam ser revistos e atualizados.

É nessa perspectiva que este trabalho está inserido e, por causa disso, a pergunta levantada na seção de definição do problema (Seção 1.2) ressurge: "é possível a construção de um ambiente de sala de aula para ensino presencial suportado por tecnologia, que minimize a dificuldade dos professores em inserir recursos computacionais como parte integrante da metodologia de ensino e que, adicionalmente, proveja análises e inferências para a melhoria do processo ensino-aprendizagem?"

Com o objetivo de tentar responder a essa questão de fundo, foi proposto e experimentado um método que, inserindo tecnologia em todas as fases da construção do processo pedagógico, apoia o docente na preparação, durante e após uma aula apoiada por tecnologia. Essa inserção de tecnologia permitiu a utilização de uma metodologia de avaliação baseada em ajuda sob demanda, em que o estudante, em processo de construção de conhecimento, é o principal beneficiário.

A aplicação de métricas alternativas de acompanhamento do desempenho do estudante associadas com uso de tecnologia podem colaborar na melhoria dos processos de aprendizagem. Um exemplo disso está na análise do parâmetro Desvio feita na Seção 5.2.1.5, onde observou-se mais detalhadamente o desempenho do estudante e foi verificado que, apesar de um desempenho ruim na métrica tradicional de Pontuação, 50% das opções marcadas nas 10 questões principais (e consideradas incorretas pela métrica pontuação) correspondiam às alternativas mais próximas da correta, isto significa que este parâmetro, possibilita medir o nível de aprendizado de modo mais justo e possibilita ao professor oferecer melhor suporte para suprir as possíveis deficiências do aluno.

De modo geral, os resultados dos experimentos demonstraram que a inserção de recursos computacionais em todas as fases da aula permite a aplicação de diversas métricas de acompanhamento e avaliação do desempenho dos estudantes e abre caminho para o desenvolvimento de sistemas computacionais de análise e recomendação automáticas que ofereçam um suporte ao professor, especialmente, na escolha dos métodos e ferramentas pedagógicas que melhor se adequem ao perfil dos alunos e, assim, melhorem seu engajamento e sua capacidade de construção e aquisição de conhecimento.

É importante ressaltar que, este trabalho, propõe uma abordagem que permite certo grau de liberdade metodológica durante a fase de execução da aula, não obrigando o professor a optar por um ou outro paradigma de educação. Entretanto, a inserção de tecnologia tal como aqui é proposta pretende ajudar o docente a caminhar rumo a uma educação que utilize os recursos computacionais como meio para construção do conhecimento, o que implica em contribuir com um processo gradativo em direção a um paradigma construcionista, onde os dispositivos tecnológicos não são simples ferramentas de reprodução e transmissão de conteúdos, mas, meios de interpelar o estudante e instigá-lo na busca pelo conhecimento.

6.2 Trabalhos Futuros

A inserção de recursos computacionais nos processos de educação presencial é apenas o ponto de partida para uma revolução nas metodologias de ensino e, principalmente, de acompanhamento do desempenho escolar dos estudantes. Assim, o próprio processo de validação do método proposto nesta dissertação, apontou trabalhos futuros para melhoria dos processos pedagógicos. Deste modo, como continuidade do desenvolvimento deste trabalho, propomos os seguintes pontos:

Métricas de Aprendizagem

1. Cruzar automaticamente as informações das métricas para fazer análises que sirvam de base para diagnósticos ou recomendações automáticas;
2. Acrescentar outras métricas para melhorar a capacidade de análise do desempenho dos estudantes. Por exemplo, métricas que levem em consideração o uso de adaptações por parte do estudante durante um processo avaliativo;
3. Melhorar métricas já existentes. Por exemplo, a métrica do Nível de Compreensão pode falhar criticamente no caso de um aluno que chute e acerte a questão dentro do tempo limite de resposta. Nesse caso, a métrica sugeriria que o nível de compreensão do aluno seria alto, quando ele não refletiu sobre o problema. Talvez, acrescentar um limiar mínimo de resposta poderia ajudar a evitar esse tipo de falha.
4. Utilizar a Teoria de Resposta ao Item para medir habilidades e competências desenvolvidas pelo estudante (Andrade, 2012).

Recomendações automáticas

1. Baseando-se no uso de métricas, fazer recomendações ao professor de mudanças metodológicas que levem em consideração as dificuldades ou os perfis dos estudantes;
2. Recomendar ao professor que faça intervenções em tempo real. Por exemplo, ao detectar um aluno com dificuldades, poderia ser emitido um alerta ao professor para que se dirigisse ao estudante. O próprio alerta conteria em si a demanda que gerou a necessidade de suporte;
3. Usar ciência de contexto, computação ubíqua e pervasiva para expandir a abordagem para fora da sala de aula a fim de recomendar atividades pedagógicas que reforcem os conteúdos estudados dentro da escola. Por exemplo, um aplicativo móvel que, tendo informações dos componentes curriculares abordados na escola, faça recomendações de eventos culturais relacionados. Assim, um aluno que está estudando sobre Ciclo da Borracha e passa próximo a um teatro em que está em cartaz um musical sobre esse tema ou período histórico, pode ser automaticamente notificado e receber informações sobre horários e valores de ingressos. Caso ele compre o ingresso para uma sessão em um horário diferente do atual e receba essa informação por email, o sistema pode salvar o compromisso na agenda e, quando chegar o momento, traçar a melhor rota para o teatro, supondo o meio de transporte mais usado por ele. Além disso, a participação extra classe pode ser adicionada às atividades educacionais do estudante e contribuir para um melhor acompanhamento do estudante pelo professor.

Metodologia Adaptativa

1. Melhorar a abordagem acrescentando o uso de questionários adaptativos, dando maior importância às questões alternativas, que poderiam, por exemplo, servir de indicativo de competência ou habilidade mínima desenvolvida pelo estudante;

2. Inserir outros tipos de ajuda ou adaptação baseadas em objetos dinâmicos que proporcionem maior nível de interatividade e, assim, despertem maior interesse do estudante;
3. Inserir adaptações em outras partes da aula, por exemplo, durante o estudo do conteúdo.
4. Inserir ajudas ou adaptações baseados no estilo de aprendizagem do aluno e na sua interação com o material didático.

Além dos itens propostos anteriormente, também seria interessante fazer experimentação em mais escolas, além de aplicar pesquisas de opinião aos professores e estudantes para verificação da sua satisfação com o uso do sistema, possibilitando a correção de processos e melhorias no método.

Referências Bibliográficas

- Almeida M. E. B. *ProInfo: Informática e formação de professores*. Ministério da Educação, Secretaria de Educação a Distância, 2000.
- Andrade, Dalton Francisco de et Karino C. A. *Nota Técnica sobre Teoria de Resposta ao Item*. Ministério da Educação, 2012.
- Bargaoui H. e Bdiwi R. Smart classroom: Design of a gateway for ubiquitous classroom. In *Web and Open Access to Learning (ICWOAL), 2014 International Conference on*, páginas 1–4. IEEE, 2014.
- Bassedas E., Huguet T., Plazaola M., Sáenz M., Sisquella M., Martí M., Rossell M., Seguer M. e Salvador C. *Intervenção educativa e diagnóstico psicopedagógico*. (Tradução: Neve, B.A.). 3 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- Biswas P. e Ghosh S. A novel approach to define performance metrics for students' and teachers' evaluation. *Electronic Journal of e-Learning*, 5(2):87–102, 2007.
- Brito S., Tavares O. e de Menezes C. Mediador-um ambiente para aprendizagem orientada a projetos com suporte inteligente à mediação. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 1, páginas 116–124, 2002.
- Chang J. C., Li Y. J. e Tsai S. B. An applicable solution for setting up intelligent schools by using internet of things technology. In *Advanced Materials Research*, volume 945, páginas 3585–3588. Trans Tech Publ, 2014.
- Charlot B. *A relação com o saber : conceitos e definições*. In: *Da relação com o saber : elementos para uma teoria*, páginas 77–86. Artes Médicas, 2000.
- Cheng Z., Han Q., Sun S., Kansen M., Hosokawa T., Huang T. e He A. A proposal on a learner's context-aware personalized education support method based on principles of behavior science. In *20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications-Volume 1 (AINA'06)*, volume 2, páginas 5–pp. IEEE, 2006.
- Chiovatto M. O professor mediador. *ARTES NA ESCOLA, BOLETIM*, (24), 2000.
- Collares C. A. L. *Ajudando a desmistificar o fracasso escolar. Toda criança é capaz de aprender?* FDE, 1989.

- Dekdouk A. Integrating mobile and ubiquitous computing in a smart classroom to increase learning effectiveness. In *Education and e-Learning Innovations (ICEELI), 2012 International Conference on*, páginas 1–5. IEEE, 2012.
- Demo P. Educação e novas tecnologias-sonhos e pesadelos, 2010.
- Dewey J. Experiência e educação.(1938). Trad. Anísio Teixeira. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1971.
- Digi. Zigbee wireless standard. <https://www.digi.com/resources/standards-and-technologies/rfmodules/zigbee-wireless-standard>, 2017.
- Dong M., Ota K., Cheng Z. e Wang G. A support method for improving learner's learning habit using behavior analysis in a ubiquitous environment. In *2007 International Conference on Parallel Processing Workshops (ICPPW 2007)*, páginas 67–67. IEEE, 2007.
- Espírito Santo J., Castelano L. e Almeida J. Uso de tecnologias na prática docente: Um estudo de caso no contexto de uma escola pública do interior do rio de janeiro. In *II Congresso Internacional TIC e Educação*, páginas 1023–1031. Universidade de Lisboa, 2012.
- Flôres M. L. P., Tarouco L. M. R. e Reategui E. B. Funcionalidades da ferramenta de autoria para apoiar a construção de objetos de aprendizagem. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 1, 2011.
- Freire P. Pedagogia do oprimido. 17^a. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 3, 1987.
- Freire P. e Papert S. Diálogos impertinentes: o futuro da escola. São Paulo: TV PUC, 1996.
- Gagné R. M. *Instructional technology: Foundations*. Routledge, 2013.
- García Ó., Tapia D. I., Rodríguez S. e Corchado J. M. Ambient intelligence application scenario for collaborative e-learning. In *International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems*, páginas 407–416. Springer, 2010.
- Glorigić N., Uzelac A. e Krco S. Smart classroom: real-time feedback on lecture quality. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2012 IEEE International Conference on*, páginas 391–394. IEEE, 2012.
- Glorigic N., Uzelac A., Krco S., Kovacevic I. e Nikodijevic A. Smart classroom system for detecting level of interest a lecture creates in a classroom. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 7(2):271–284, 2015.
- Guterres J. P. D. e Moraes S. M. W. Fábrica de objetos: Uma plataforma para construção de objetos de aprendizagem focada na usabilidade. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE*, volume 25, página 516, 2014.
- Hwang G.-J., Yang T.-C., Tsai C.-C. e Yang S. J. A context-aware ubiquitous learning environment for conducting complex science experiments. *Computers & Education*, 53(2):402–413, 2009.

- Kenski V. M. *Educação e tecnologias*. Papirus editora, 2007.
- Kolb D. A. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press, 2014.
- Leitão G. Heidegger: a questão da técnica e o futuro do homem. In *X Simpósio Internacional Filosófico-teológico - Do Humano ao Pós-humano: encruzilhada ou destino?* Faculdade Jesuíta de Filosofia e Teologia - FAJE, 2014.
- Leitão G., Colonna J., Ribeiro E., Barreto R., Araujo T.-Y., Martins A., Koster A. e Koch F. Experimental evaluation on machine learning techniques for human activities recognition in digital education context. In *International Workshop on Social Computing in Digital Education*, páginas 124–139. Springer, 2015.
- Levy P. *Cibercultura*. Editora 34, 2010.
- Lucena K. T., Silva J. e Oliveira E. Webmonitor: uma ferramenta para monitoramento e acompanhamento de cursos em um ava. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 26, página 249, 2015.
- Malvezzi W. R., Mourão A. B. e Bressan G. Uma ferramenta baseada em teoria fuzzy para o acompanhamento de alunos aplicado ao modelo de educação presencial mediado por tecnologia. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 1, 2010.
- Margetis G., Leonidis A., Antona M. e Stephanidis C. Towards ambient intelligence in the classroom. In *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction*, páginas 577–586. Springer, 2011.
- Mathioudakis G., Leonidis A., Korozi M., Margetis G., Ntoa S., Antona M. e Stephanidis C. Ami-ria: Real-time teacher assistance tool for an ambient intelligence classroom. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Mobile, Hybrid, and On-Line Learning (eLmL 2013)*, páginas 37–42, 2013.
- Monteiro B., de Oliveira E., Gomes A. e Neto F. Youubi: Ambiente de aprendizagem ubíqua. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 26, página 111, 2015.
- Netto H. V., de Menezes C. S. e Pessoa J. M. Amcora: uma experiência com construção e uso de ambientes virtuais no ensino superior. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, páginas 307–316, 2003.
- Nogueira C. M. M. e Nogueira M. A. *Bourdieu & a educação*. Autêntica, 2013.
- Nunes I., Silva W. M., Laisa J., Ugulino F. e Lucena M. Learning analytics como ferramenta para a análise do desempenho dos alunos em cursos semipresenciais. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 27, página 280, 2016.

- Oluwagbemi F., Misra S. e Omoregbe N. Pervasive computing in classroom environments and applications. In *Computer & Information Technology (GSCIT), 2014 Global Summit on*, páginas 1–6. IEEE, 2014.
- Orlandi B. H. e Isotani S. Uma ferramenta para distribuição de conteúdo educacional interativo em dispositivos móveis. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 23, 2012.
- Passos O., de Souza M., Silva M. e dos Santos R. Transformando um editor de apresentação em uma ferramenta de autoria: Uma experiência com os professores de escolas públicas do município de itacoatiara (am). In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, páginas 61–64, 2010.
- Perrenoud P. e Schilling C. *A pedagogia na escola das diferenças: fragmentos de uma sociologia do fracasso*. Artmed, 2001.
- Rego T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. Editora Vozes Limitada, 2013.
- Sabbatini M. Reflexões críticas sobre o conceito de objeto de aprendizagem aplicado ao ensino de ciências e matemática. *Em Teia| Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana-ISSN: 2177-9309*, 3(3), 2013.
- Santana-Mancilla P. C., Echeverría M. A. M., Santos J. C. R., Castellanos J. A. N. e Díaz A. P. S. Towards smart education: Ambient intelligence in the mexican classrooms. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 106:3141–3148, 2013.
- Satyanarayanan M. Pervasive computing: Vision and challenges. *IEEE Personal communications*, 8(4):10–17, 2001.
- Savvaki C., Leonidis A., Paparoulis G., Antona M. e Stephanidis C. Designing a technology-augmented school desk for the future classroom. In *International Conference on Human-Computer Interaction*, páginas 681–685. Springer, 2013.
- Seymour P. *A máquina das crianças—repensando a escola na era da informática*, 1994.
- Sousa, R.P M. F. e Carvalho A. O. *Tecnologias Digitais na Educação*. EDUEPB, 2011.
- Tan T.-H., Liu T.-Y. e Chang C.-C. Development and evaluation of an rfid-based ubiquitous learning environment for outdoor learning. *Interactive Learning Environments*, 15(3):253–269, 2007.
- Tarouco L. M., Fabre M., Grando A. R. e Konrath M. L. Objetos de aprendizagem para m-learning. In *Florianópolis: SUCESU-Congresso Nacional de Tecnologia da Informação e Comunicação*, 2004.
- Valente J. A. Por que computadores na educação. *Computadores e Conhecimento: repensando a educação*, páginas 1–23, 1993.

- Vygotsky L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- Wiley D. A. *Learning Object Design and Sequencing Theory*. PhD thesis, Brigham Young University, 2000.
- Xue R., Wang L. e Chen J. Using the iot to construct ubiquitous learning environment. In *Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2011 Second International Conference on*, páginas 7878–7880. IEEE, 2011.
- Zhang D., Chen E., Shi Y. e Xu G. A kind of smart space for remote real-time interactive learning based on pervasive computing mode. In *International Conference on Web-Based Learning*, páginas 297–307. Springer, 2003.
- Zilse R., Primo T., Koch F. e Koster A. An analysis of applying the short bridge method to digital education. In *International Conference on Learning and Collaboration Technologies*, páginas 94–102. Springer, 2016.